

Б. 74.1.57
115.7

**НЕТРАДИЦИОННЫЕ
КОРМА
В РАЦИОНАХ
СЕЛЬСКО-
ХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ЖИВОТНЫХ**

NETRADIČNÉ KRMIVA VO VYŽIVE HOSPODÁRSKÝCH ZVIERAT

Vedúci autorského kolektivu
Prof. MVDr. K. Bod'a, DrSc.

Autori: Ing. J. Bárta, prof. dr. H. Bergner, prof. MVDr. K. Bod'a, DrSc., doc. Ing. J. Bucko, doc. dr. hab. S. Buraczewski, Ing. J. Cibulka, CSc., Ing. J. Fischerová, doc. dr. Ing. M. Gažo, DrSc., dr.sc. agr. K. Gruhn, doc. Ing. D. Haláma, CSc., doc. dr. sc. H. Jeroch, doc. MVDr. A. Kaldy, CSc., Ing. J. Kejmar, MVDr. J. Kriška, doktor biol. vied. P. Z. Lagodjuk, doc. Ing. V. Peter, DrSc., Ing. M. Rosa, Ing. A. Sommer, DrSc., prof. MVDr. Z. Sova, DrSc., Ing. F. Štros, Ing. J. Vavák, doktor biol. vied, F. I. Vrydnyk, doc. Ing. V. Zalabák, MVDr. J. Zelenák, CSc.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМА В РАЦИОНАХ СЕЛЬСКО- ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Перевод со словацкого
и предисловие
кандидата биологических наук
Э. Г. Филипович

МОСКВА
«КОЛОС»
1984

ББК 45.45
Н57
УДК 636.087

Руководитель авторского коллектива — К. Бодя

Авторы: Я. Барта, Г. Бергнер, Я. Бучко, С. Бурачевски, Я. Цибулка, Я. Фишера, М. Гажо, К. Грун, Д. Гальяма, Г. Ерох, А. Калди, Я. Кеймар, Я. Кришка, П. Лагодюк, В. Петер, М. Роса, А. Зоммер, З. Сова, Ф. Штрос, Я. Вавак, Ф. Врьдник В. Залабак, Я. Зеленьяк

Рекомендована к изданию Всесоюзным научно-исследовательским институтом животноводства (ВИЖ)

Н 57 **Нетрадиционные корма в рационах сельскохозяйственных животных**/Я. Барта, Г. Бергнер, Я. Бучко и др.; Пер. со словац. и предисл. Э. Г. Филипович. — М.: Колос, 1984. — 272 с., ил.

Обобщен опыт практического использования так называемых нетрадиционных кормов, производимых в основном на базе отходов промышленности и сельского хозяйства в качестве дополнительного источника кормовых средств. Даны классификация и краткая характеристика отдельных групп нетрадиционных кормов (бактериальные биомассы и дрожжи, кератиновые отходы, небелковый азот и другие). Приведены материалы по использованию нетрадиционных кормов в рационах крупного рогатого скота, овец, свиней и птицы.

Для специалистов по кормлению и кормопроизводству.

Н 3804010302—094
035(01)—84 193—84

ББК 45.45
636.04

© Bratislava, Priroda 1981

© Перевод на русский язык, «Колос», 1984

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Проблема производства и использования так называемых нетрадиционных кормов возникла сравнительно недавно. Этому способствовали, с одной стороны, рост промышленности и накопление отходов, загрязняющих среду, а с другой стороны — интенсификация животноводства и резкое увеличение потребности в кормах, особенно белковых. Дефицит полноценного кормового протеина стал еще ощутимее после сокращения производства рыбной муки, широко используемой в кормлении свиней и птицы.

Нетрадиционные корма можно условно разделить на три группы: 1) содержащие большое количество клетчатки (заменяющие традиционные грубые); 2) богатые углеводами (заменяющие зерновые злаковые); 3) белковые. Нетрадиционные корма классифицируют также и по характеру сырья, из которого их производят (например, отходы деревообрабатывающей промышленности, нефтехимии, кожевенного производства и т. д.). Именно такая систематика используется в настоящей книге.

В предлагаемом читателю труде дается характеристика основных видов так называемого вторичного сырья (основного источника получения нетрадиционных кормов), методы его обработки, химический состав и питательная ценность получаемого продукта, приводятся результаты опытов по использованию его в кормлении отдельных возрастных и производственных групп сельскохозяйственных животных и птицы.

Авторы обобщили материал практически по всем видам нетрадиционных кормов как используемых, так и перспективных. Большое внимание уделено охране окружающей среды.

В то же время в книге недостаточно полно освещены проблемы технологии производства и питательной ценности некоторых нетрадиционных кормов, получивших широкое применение за последние годы.

Авторы называют производство в СССР бактериальной массы на основе метана и меляссы экспериментальным, хотя в настоящее время бактериальные биомассы КМБ-12,

БК, ККЛ и кормобактерии широко применяются в комбикормовой промышленности. То же самое справедливо относительно кормовых дрожжей, отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности и т. д.

Наша страна находилась среди пионеров применения мочевины в кормлении животных (Попов И. С. и др.). Фундаментальные исследования были выполнены в этой области профессором А. В. Модяновым и его коллегами.

В практике нашего животноводства прочное место заняли дрожжи. Разработана и широко внедрена в производство технология выращивания кормовых дрожжей на различных субстратах, в том числе с использованием непищевого сырья.

В последние годы в нашей стране созданы новые штаммы высокобелковых дрожжей с повышенным содержанием серусодержащих аминокислот. Разработана технология производства кормового белкового препарата ПДО (последрожевой остаток).

Еще одно достоинство дрожжей заключается в том, что они богаты витаминами группы В. Особый интерес представляют кератинсинтезирующие дрожжи. Способ их получения был разработан Киевским технологическим институтом пищевой промышленности и институтом питания Минздрава СССР в содружестве с Главмикробиопромом при Совете Министров СССР. Селекционированные штаммы таких дрожжей не токсичны и не обладают аллергическим действием.

Из бактериальных препаратов, выпускаемых советской промышленностью, большим спросом пользуются кормовой концентрат лизина (ККЛ), содержащий в сухом веществе 7—15% чистого лизина, а также концентрат метанового брожения (КМБ-12), богатый витамином В₁₂, и кормобактерин.

Перспективным направлением получения кормового белка является выращивание водорослей на промышленных установках. Данное производство необходимо размещать в южных районах страны, где число солнечных дней в году достигает 320—330. Это Узбекистан, Туркмения, юг Казахстана и Украины.

Наряду с использованием нетрадиционных кормов для решения белковой проблемы большое внимание уделяется и уменьшению углеводного дефицита в кормлении сельскохозяйственных животных, особенно жвачных. Для этих целей используют уничтожавшиеся ранее полисахарид-

содержащие растительные отходы. Древесина является наиболее массовым, естественно возобновляющимся видом сырья, содержащим большое количество полисахаридов, которые после определенной обработки превращаются в легкопереваримые углеводы.

На базе лесной промышленности в нашей стране действуют крупные предприятия гидролизной и целлюлозно-бумажной промышленности, поставляющие сырье для производства гидролизных сахаров. Разработанная технология позволяет получать этот продукт в виде сиропа с содержанием 30—50% сухого вещества.

Предлагаемая книга представляет интерес для широкого круга специалистов сельского хозяйства и промышленности, микробиологов, экологов, специалистов по охране окружающей среды, руководящих работников.

Прилагается справочный материал по определению питательности нетрадиционных кормов, составленный на основании многочисленных исследований советских авторов.

Одной из главных задач, стоящих перед экономикой ЧССР, является дальнейшее развитие сельского хозяйства и наращивание производства продуктов питания для максимального удовлетворения запросов населения. В постановлениях партии и правительства отмечается важность самообеспечения животноводства кормами в государственном масштабе и намечаются комплексные антиимпортные мероприятия в этом направлении. Особое внимание уделяется проблеме кормового белка и использования побочных и заменяющих источников кормов. Решения партии также мобилизуют усилия общества на охрану окружающей среды и снижение остроты экологических проблем.

Учитывая важность этих вопросов для развития социалистического общества, в предлагаемой публикации авторы обобщают данные о способах получения и использования нетрадиционных кормовых ресурсов из продуктов, являющихся для других производств отходами. Речь идет не о каком-либо одностороннем получении новых кормовых средств, а о комплексном решении проблем, возникающих в современном промышленном животноводстве, на крупных комбинатах пищевой, деревообрабатывающей и кожевенной промышленности. Сюда же тесно примыкают вопросы, связанные с утилизацией кухонных и городских отходов. В названном комплексе возникает большое количество побочных биогенных отходов, которые значительно загрязняя окружающую среду, в то же время являются потенциальным источником для производства белковых и углеводистых кормов для сельскохозяйственных животных. Их односторонний переход в воду, почву и воздух, используя соответствующие технологии, можно частично изменить на естественный цикл органических соединений, что ведет к образованию веществ, пригодных для питания растений или животных. Животные таким образом преобразуют вторичные продукты (отходы) экосистемы в животный белок для питания человека.

В предлагаемой книге авторы всячески стремились подчеркнуть перспективность изыскания и использования но-

вых источников нетрадиционных кормов в ходе решения важных экологических проблем. Альтернативная возможность использовать отходы биогенного характера для производства кормов приобретает народнохозяйственное и общечеловеческое значение.

В книге освещается широкий круг вопросов, связанных с поиском и переработкой отходов растительного и животного происхождения, включая нефтехимическое сырье, которое является в настоящее время главной составляющей процесса синтеза микробиального белка. В главе о микробиальном белке (белок одноклеточных) приводятся основные его виды (водоросли, бактерии, дрожжи) без анализа особенностей культивирования каждого вида.

В отдельных главах обсуждается возможность практического использования специально переработанных (подготовленных) отходов и побочных продуктов в кормлении крупного рогатого скота, овец, свиней и птицы.

В книге сделана попытка комплексной систематизации широкого ассортимента отходов и побочных продуктов, используемых в кормлении животных. Даются рекомендации по их использованию.

В ходе работы над книгой авторы старались изложить материал в такой форме, чтобы стимулировать дальнейшее изучение и практическую реализацию затронутых вопросов. О том, насколько это удалось, пусть судит читатель.

Авторы будут благодарны за любые критические замечания в адрес книги, которые помогут устранить имеющиеся недостатки и сделать следующее издание более совершенным.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О НЕТРАДИЦИОННЫХ КОРМАХ

1.1. ПОТРЕБНОСТЬ И ПРОИЗВОДСТВО БЕЛКА ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Современный этап развития человечества характеризуется стремлением к получению как можно большего количества белка, главным образом, животного происхождения. Это проявляется в интенсификации производства растений с высоким содержанием белка, улучшении качества протеина зерновых злаковых, повышении эффективности использования растительного протеина при производстве животного белка, а также в замене нативных белков синтетическими азотсодержащими веществами в кормлении жвачных. Во многих случаях уже достигнуты отличные результаты: выведены высокоурожайные сорта пшеницы, кукурузы и других культур, повысилось содержание незаменимых аминокислот в белковой молекуле многих растительных продуктов, возросли площади под культурами, богатыми высококачественным протеином (соя и другие бобовые). Достижения в области кормления сельскохозяйственных животных позволяют все эффективнее трансформировать растительный белок и небелковые азотистые вещества в животный протеин. Успешные опыты по скормливанию синтетических рационов делают жвачных все менее зависимыми от содержания нативных белков в кормах.

Однако на фоне существующего в мире голода и недоедания, быстрого роста народонаселения ситуация в деле обеспечения человечества продуктами питания остается очень напряженной.

В 1975 г. население в мире составляло свыше 4 млрд. человек, а к 2000 г. оно достигнет предположительно 7 млрд. Существуют и более оптимистические прогнозы. Одни авторы приводят цифру 5,3—6 млрд. [1], другие — 4,5 млрд. [2].

Приведенные расчеты были сделаны в 1965 г. Используя промежуточные данные, сегодня уже можно отчасти судить об их правильности. Наиболее точным был прогноз относительно более низкого роста населения. Если существующая тенденция сохранится, то к 2000 г. население мира составит 5,3 млрд. человек, что делает перспективу обеспечения человечества продуктами питания более благоприятной.

Продовольственная проблема усугубляется неравномерным ростом населения и производства продуктов питания в развивающихся и развитых странах. Годовой прирост населения в 1960—1970 гг. составил в Азии 2,5 %, Африке — 2,4, Южной Америке — 2,9, США, Канаде и Европе — менее 1 %.

Годовой прирост производства продуктов питания в развитых странах был в 1951—1962 гг. 1,8 %, в 1962—1972 гг. — 1,7 %. В развивающихся странах эти показатели составили примерно 0,7 и 0,3 %. Средняя потребность человечества в протеине на нужды питания составляет в настоящее время 240 тыс. тонн белка в сутки, из них 100 тыс. тонн — белок животного происхождения. К 2100 г. эти цифры будут равны соответственно 540 и 200 тыс. тонн [10]. В среднем на душу населения приходится 24 г животного белка в сутки. Однако в целом существует большая неравномерность в потреблении белка по странам и регионам (табл. 1).

Таблица 1. Суточное потребление протеина (г) на душу населения

Страна (регионы)	Суточное потребление протеина в целом		Суточное потребление протеина			
			растительного происхождения		животного происхождения	
	1961—1965	1974	1961—1965	1974	1961—1965	1974
Мир в целом	65,9	69,0	44,1	44,6	21,8	24,4
Африка	55,9	56,3	44,7	44,9	11,1	11,4
Северная Америка	89,6	91,7	35,0	35,9	54,6	55,8
Южная Америка	67,0	66,3	38,6	38,3	28,4	28,1
Азия	53,8	57,8	43,7	45,9	10,0	11,9
Европа	89,1	94,9	46,4	43,2	42,7	51,7
Океания	88,7	90,8	33,0	33,4	55,7	57,4
Австралия	96,5	98,6	33,3	34,3	63,2	64,3
Латинская Америка	64,1	65,5	39,3	39,8	24,8	25,7
Страны СЭВ	87,0	101,0	52,1	51,8	34,9	46,6

Из таблицы 1 видно, что человечеству предстоит много сделать для ликвидации голода и недоедания у большей части населения нашей планеты. Существуют определенные проблемы в производстве белковых кормов, особенно животного происхождения, необходимых для ведения высокоинтенсивного промышленного животноводства.

Анализ ситуации за последние годы свидетельствует о чрезвычайной нестабильности источников сырья для белковых кормов, особенно рыбной муки. Постепенное исчезновение фитопланктона сказывается на результатах рыболовства. До 1967 г. мировые уловы ежегодно повышались на 8%. Затем прирост стал снижаться, а в 1969 г. упал и абсолютный улов. Этот факт вызвал быстрое повышение цен на рыбную муку. Так, в 1966—1970 гг. тонна рыбной муки стоила 156, а в 1977 г. — уже 502 доллара.

Подобную тенденцию имеет и цена на соевый шрот, основным экспортером которого являются США. Тонна соевого шрота в 1966—1970 гг. стоила 94, а в 1977 г. — 230 долларов [11].

В растениеводстве существуют большие резервы роста продуктивности, однако они не гарантируют решение проблемы пищевого и кормового белка классическими (традиционными) методами.

Пашня занимает примерно 10% земельной площади планеты. Сегодня возможности ее роста практически исчерпаны. В 1959 г. на одного человека в среднем приходилось 0,5 га пашни. При сохранении нынешнего темпа роста народонаселения к 2000 г. на одного человека будет приходиться 0,3 га пашни. Теоретически продовольственную проблему можно было бы решить, культивируя растения, которые способны связывать более 3% солнечной энергии. Таковыми являются некоторые одноклеточные водоросли (фиксация солнечной энергии другими растениями составляет 0,1—0,3%).

Все это настоятельно требует поисков нетрадиционных способов получения белковых и энергетических ресурсов. К решению этой проблемы во всем мире подключается все большее число ученых разных специальностей — биологи, химики, экономисты и т. д. Возникают научные предложения и разработки, имеющие хотя и не универсальное, но безусловно большое значение. Многие ресурсы нетрадиционного происхождения уже используются на практике, их вводят в баланс кормов и продуктов питания для животных и человека.

В мире производятся десятки тысяч тонн микробного белка из *л*-алканов и синтетического этанола. Этот белок входит в состав кормовых рационов животных, используется для производства некоторых продуктов питания человека. Находит применение дрожжевой белок, полученный из лигниноцеллюлозных отходов и экскрементов жи-

вотных. В кормовых смесях для моногастричных животных используются гидролизаты кератиновых и коллагеновых белков, на нужды животноводства идут специально переработанные кухонные и городские отходы. Заслуживают внимания усилия, направленные на использование белка личинок двукрылых насекомых, а также высших грибов, выращиваемых на субстратах из отходов, загрязняющих среду.

Хотя в странах СЭВ потребление животного белка в расчете на душу населения относительно высокое, но оно до сих пор не соответствует физиологическим нормам. Предполагается значительное увеличение потребления продуктов животного происхождения.

Достигнуть требуемого стандарта, учитывая демографические прогнозы, весьма сложно. Требуется обеспечить повышенное производство кормового белка, а на этой основе поднять продукцию животного протеина для питания людей.

Решению этих задач в странах СЭВ в значительной мере будет способствовать расширение ассортимента и использования нетрадиционных кормов.

1.2. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ БЕЛКА И ЭНЕРГИИ

Наряду с интенсификацией сельскохозяйственного производства, рациональным использованием концентратов в кормлении животных (до 70% питательности рациона в развитых странах), дальнейшим развитием скотоводства и овцеводства на базе объемистых и пастбищных кормов значительное место в решении проблем белка отводится нетрадиционным ресурсам, которые уже частично используются или могут быть использованы.

Довольно сложно однозначно определить, что представляют собой нетрадиционные средства. Их нетрадиционность носит временной характер. В течение тысячелетий одомашнивания животных и развития агрокультуры большое число кормовых средств из нетрадиционных превратилось в традиционные (концентраты, корнеплоды, побочные продукты мукомольного и сахарного производства, соевый шрот, рыбная и мясокостная мука, обработанная солома и т. д.). Нетрадиционными можно считать, таким образом, те кормовые средства, которые до сих пор не использовались

в сельскохозяйственной практике. Кроме того, объективно существует и другой историческо-эволюционный аспект.

В то время, когда человек жил за счет охоты и собирательства, проблемы отходов не существовало. Она возникла в период оседлой жизни, земледелия, особенно градостроительства. В целом исторически существовала тенденция возвращать отходы или побочные продукты (отходы, имеющие определенную потребительскую ценность) в круговорот органического вещества в природе посредством не только первичного (растениеводство), но и вторичного (животноводство) цикла сельскохозяйственного производства.

С развитием промышленности и особенно с началом научно-технической революции отношения между природой и человеком становятся все сложнее. Возникает ключевой вопрос: как гармонично приспособить природу к неудержимому развитию техники? Проблема заключается в том, что при высокой концентрации производства возникает большое количество побочных продуктов и новые типы промышленных отходов, которые чужды природной экосистеме.

В настоящее время, в период научно-технической революции, следует повсеместно организовывать такой тип производства, когда отходы одной отрасли служат сырьем для другой, что и является основой безотходной технологии.

Во взаимоотношениях общества и биосферы наиболее выраженным является противоречие между потребностями населения и возможностями удовлетворения их за счет естественно протекающих биологических процессов.

Это противоречие устранимо на основе повышения биологической продуктивности при глубоком познании законов живой природы, рациональном использовании биосферы, включая охрану ее и обновление. Решающую роль в этом играют изучение и интенсификация фотосинтеза.

Однако на сегодняшний день картина выглядит неприглядно. За последние 2000 лет было уничтожено 106 видов млекопитающих и 139 видов птиц, главным образом, в XIX—XX вв. Пропало 0,5 миллиарда гектаров сельскохозяйственных угодий и сведено $\frac{2}{3}$ площади лесов [19].

Ситуация требует более полного использования закономерностей живой природы. Необходимо очень тщательно и взвешенно оценивать и проектировать технологические про-

цессы, в которых проявляется взаимосвязь природы и общества в условиях научно-технической революции. Человек должен регулировать развитие техники таким образом, чтобы не нарушать равновесие между природой и обществом.

Из этого принципа, собственно, и вытекает неотложная задача по ликвидации побочных продуктов сельскохозяйственного, лесного и частично промышленного производства в рамках естественной сельскохозяйственной экосистемы путем включения их в круговорот органического вещества в природе. Речь идет о том, чтобы максимум биогенных веществ, содержащихся в отходах, использовать непосредственно или после определенной переработки для питания человека, внесения в почву в форме питательных веществ для растений, или в качестве корма для сельскохозяйственных животных.

Нетрадиционными кормовыми средствами следует также считать и те побочные продукты сельскохозяйственного и промышленного производства, которые обладают биогенными свойствами, но вместе с тем чрезвычайно загрязняют окружающую среду. В этом случае на первом этапе разрабатывается способ их ликвидации, а на втором — использование в соответствии с важнейшими экологическими закономерностями. Побочные продукты биогенного характера должны поставлять сырье и энергию для производства новых продуктов.

Существует большая группа сырьевых средств, преимущественно отходов, которые можно использовать (непосредственно или после обработки) в качестве корма для животных или для производства микробного белка. Необходимо лишь настойчиво заниматься поиском и разработкой рациональных технологий применения нетрадиционных источников питательных веществ и энергии. Сегодня к ним можно отнести:

- нефтехимическое сырье
- лигниноцеллюлозные материалы и побочные продукты их переработки
- кератиновые отходы
- отходы кожевенного производства
- экскременты сельскохозяйственных животных и содержащее пищеварительного аппарата
- небелковый азот
- городские и кухонные отходы
- беспозвоночные.

1.2.1. НЕФТЕХИМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Нефтехимическое сырье является в настоящее время основой для получения микробиального белка (белок одноклеточных — БО). Из всех нетрадиционных кормов БО может в максимальной степени способствовать уменьшению белкового дефицита, так как одноклеточные обеспечивают быстрое высококонцентрированное производство кормового протеина, богатого незаменимыми аминокислотами.

В настоящее время промышленное производство БО практически не зависит от сельского хозяйства. Средой для роста микроорганизмов, помимо сельскохозяйственных продуктов, содержащих сахар (меласса, солома, крахмал, сыворотка и т. д.), могут служить и различные углеводородные соединения, например газовое масло, *n*-алканы, этанол, метанол, природный газ метан, твердые и жидкие отходы переработки древесины, экскременты животных.

Среди них наиболее значительное место занимает нефтехимическое сырье, на базе которого можно строить крупные заводы мощностью 100 тыс. тонн белка ежегодно. Форсированная реализация таких проектов сдерживается опасениями по поводу содержания в таком белке углеводородов с канцерогенными свойствами.

Наибольшее практическое значение имеют в настоящее время *n*-алканы. Интенсивно, но пока без явных успехов, изучается возможность производства дрожжевого белка на метаноле. В ЧССР в качестве источника углерода для производства дрожжевого белка наилучшим образом зарекомендовал себя синтетический этанол.

Энергетический кризис, рост цен на нефтехимическое сырье, высокие расходы на капитальные вложения в сравнении с производством традиционных белковых кормов сдерживают промышленное производство дрожжевого белка в большинстве стран мира. Сегодня его можно рассматривать в качестве важнейшего резерва на будущее.

1.2.2. ЛИГНИНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К ним относятся солома и отходы переработки древесины, представляющие собой высокоэнергетическое вещество со значительным содержанием углеводов и низким уровнем минеральных веществ и витаминов. Отходы составляют примерно 20% от массы единичного дерева. Они скапливаются на деревообрабатывающих предприятиях в больших количествах и пока что еще мало используются.

При производстве бревен и досок отходами являются в основном ветви и сучья, которые после определенной обработки можно использовать в качестве корма.

Однако значительно большее значение имеют твердые и жидкие побочные продукты, возникающие при механической и химической обработке дерева. Это главным образом опилки (700 тыс. м³ ежегодно в ЧССР), из которых в дальнейшую переработку идет лишь 3,5%. Основную часть твердых древесных отходов составляет лигниноцеллюлоза. Лигниновая оболочка препятствует перевариванию целлюлозы. Чтобы последняя стала доступной для микробиального переваривания в преджелудках жвачных, которые способны использовать целлюлозу в продуктивных целях, необходимо разрушить лигнинополисахаридный комплекс. Для этого наиболее реальным и экономичным технологическим способом при частичном гидролизе является гидротермическая обработка дерева при высоких температуре и давлении, в результате чего опилки достигают переваримости сена среднего качества (50—52%) и их можно использовать в рационах жвачных в качестве объемистого корма. Существует поточный способ обработки опилок (Stake proces), а также эксплозивный метод при высоком давлении (Techtrol Canada).

При общем гидролизе лигниноцеллюлозных отходов на простые сахара получается субстрат, пригодный для производства дрожжевого белка, идущего в корм моногастричным животным или используемого в качестве источника энергии для жвачных. Здесь таятся большие резервы для получения микробиального белка. Промышленный выпуск дрожжевого белка на базе кислого неkontинуального гидролиза осуществляется пока лишь в виде опытного производства в СССР [18] и Болгарии. В ЧССР существует проект, который предполагает производство 40 тыс. тонн дрожжевого белка из гидролизатов лигниноцеллюлозных материалов. Весьма обнадеживающими являются и биологические способы обработки лигниноцеллюлозы. Интересен процесс биологической делигнификации, вызываемый белой гнилотворной плесенью. При этом достигается более эффективный гидролиз целлюлозы *in vitro* или под действием соков преджелудков.

Значительным и относительно легко мобилизуемым источником кормов являются жидкие отходы. Из них в качестве корма можно использовать экстракт букового дерева, который образуется при производстве целлюлозы, а древес-

ная мяласса, получаемая при производстве древесноволокнистых панелей влажным способом, является полноценной заменой свекловичной мялассы. В ЧССР эти средства составляют потенциальный резерв примерно в 30 тыс. тонн жидких сахаров с содержанием 50% сухого вещества. В настоящее время из них используется всего лишь 2 тыс. тонн. Названные отходы можно использовать и для производства микробного белка. При их полной утилизации нагрузка на используемые водоемы уменьшится на 78%. Применение обработанных соответствующим образом опилок наряду с жидкими сахаристыми отходами и небелковым азотом позволит в значительной степени без ущерба для человека пополнить рацион животных со сложным желудком продуктами несельскохозяйственного производства.

Сульфитные щелока, как побочные продукты при сульфитном способе производства целлюлозы, используют для производства белка одноклеточных. В настоящее время в ЧССР производят на базе сульфитных щелоков 6200 т кормовых дрожжей. Добавка синтетического этанола к сульфитным щелокам позволит значительно расширить их производство и в итоге довести получение микробного белка до 44 тыс. тонн в год.

1.2.3. КЕРАТИНОВЫЕ ОТХОДЫ

Главной составной частью кератиновых отходов является перо, которое в настоящее время идет в компосты или закапывается в землю. Эти отходы образуют 5% от массы всей продукции птицеводства и в перспективе к 1990 г. они составят в ЧССР 13 000 т. Из них можно произвести 3900 т перьевой муки с высоким содержанием протеина (87%), которую рекомендуют использовать в рационах для бройлеров в количестве до 5%. Хорошие результаты были получены при переработке пера вместе с другими побочными продуктами (внутренности, головы, лапы) под высоким давлением в деструкторах.

Полученный субстрат может составлять до 10% кормовой смеси.

Некоторые другие кератиновые отходы (щетина, рога) также представляют определенную кормовую ценность. Следует разработать критерии оценки их питательности и включать в рационы животных.

1.2.4. КОЖЕВЕННЫЕ ОТХОДЫ

При переработке кож крупного рогатого скота получают специфические отходы, которые можно использовать в кормлении сельскохозяйственных животных. При обработке одной кожи получают машинную клейковину, ручную клейковину и 75—90 г так называемого коллагенового щелкового белка.

Щелочовый кожевенный белок и машинная клейковина содержат примерно одинаковое количество сырого протеина на уровне рыбной муки, но значительно меньше метионина, лизина и гистидина. После обогащения аминокислотами их можно использовать в количестве до 4% в кормосмесях для бройлеров. Машинную клейковину после аналогичной обработки вводят в рацион на уровне 7—8%. Без добавки аминокислот содержание данных веществ в рационе снижают на 50%.

1.2.5. ЭКСКРЕМЕНТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И СОДЕРЖИМОЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Из экскрементов сельскохозяйственных животных можно получать корма, богатые протеином. До настоящего времени в кормлении жвачных частично использовалась лишь глубокая подстилка птицы. Сегодня широко проводятся опыты по скармливанию сухих и силосованных экскрементов крупного рогатого скота, свиней и птичьего помета. За рубежом существует практика многоцелевого использования экскрементов крупного рогатого скота и свиней.

Жидкая фракция, которая содержит микроорганизмы, используется для кормления моногастричных животных. Твердая фракция, содержащая непереваренные полисахариды, идет в корм жвачным или гидролизуются на низшие сахара, которые используются при производстве дрожжевого белка.

Существует много систем по использованию экскрементов в качестве корма. Они основаны на аэробной и анаэробной продукции белковой биомассы, механической и химической обработке, а также на принципах комплексной рециклизации биогенных органических веществ в сельскохозяйственном производстве [23]. Получили развитие аэробные процессы, при которых экскременты животных используются для образования микробного белка. Из 1 т

экскрементов можно произвести 50 кг сухого продукта, содержащего 50% протеина с аминокислотным составом, как у сои. При анаэробном способе переработки исходным материалом являются экскременты, конечным — протеиновые концентраты и метан. Для ферм с высокой концентрацией крупного рогатого скота была разработана система сепарирования жидкой и твердой фракций экскрементов при помощи вибрационных сит и прессов [5]. Жидкая фракция собирается и используется в качестве удобрения. Твердая фракция силосуется или после пастеризации соответствующим образом обрабатывается. Полученный продукт скармливают скоту непосредственно или в смеси с традиционными кормами. Экскременты обрабатывают 37%-ным раствором формальдегида (10 кг на 1 т) и перемешивают с другими кормами в смесителе (Grazon proces). Продукт, называемый «формулаж», скармливают сразу же по приготовлении в количестве 25—50% от рациона.

Экскременты крупного рогатого скота и свиней в любой форме плохо поедаются животными в больших количествах. Большая их часть в рамках кругооборота органических веществ в природе должна возвращаться в почву и способствовать образованию дефицитного гумуса. Использование экскрементов в качестве корма целесообразно лишь при высоком уровне концентрации животноводческого производства и вблизи больших городов, когда требуется комплексная утилизация экскрементов, городских отходов и других биогенных органических веществ, продиктованная необходимостью охраны окружающей среды. В большей части испытанных и рекомендованных на сегодняшний день моделей преобладает коммерческая точка зрения без должного внимания к экологическим аспектам. В условиях ЧССР в корм животным практически используется сухой птичий помет и подстилка. В перспективе можно производить 1,5—2 тыс. тонн сухого помета (от 500 тыс. кур) и 5—10 тыс. тонн корма для жвачных (подстилка от 5 млн. бройлеров). Доказана также возможность использовать в кормлении сельскохозяйственных животных содержащее преджелудков жвачных, лучше всего в смеси с городскими и кухонными отходами.

Некоторые научно-исследовательские институты в разных странах изучают возможность применения экскрементов для разведения и дальнейшего использования беспозвоночных [8, 22]. Кормосмеси с 28%-ным включением сухих личинок мух, выращенных на экскрементах живот-

ных, заменяли соевый жмых и рыбную муку в рационах бройлеров. Чистая биомасса личинок составляла примерно 20% от массы субстрата. Подобная технология пригодна для переработки экскрементов свиней и птицы при клеточном содержании.

1.2.6. НЕБЕЛКОВЫЙ АЗОТ (NPN)

Небелковый азот в кормлении жвачных (обычно в виде мочевины) практически стал уже традиционным средством. К нетрадиционным его все еще причисляют по следующим соображениям:

1) в перспективе предполагается заменять небелковым азотом еще большую долю нативного протеина в рационах жвачных;

2) повышенную потребность в энергии, необходимую для микробного протеосинтеза из небелкового азота, можно удовлетворять за счет нетрадиционных кормовых средств;

3) предполагается использовать небелковый азот в различных и многообразных формах.

Результаты опытов свидетельствуют, что небелковый азот можно эффективно использовать при скармливании животным гемицеллюлоз, гидролизатов, лигниноцеллюлозных веществ и должным образом обработанных опилок. В будущем можно будет значительно видоизменить рационы жвачных за счет дополнительного использования продуктов сельскохозяйственного производства.

Хорошие перспективы открывает более широкое применение экструдированных форм мочевины, уреафосфата и других азотистых соединений.

1.2.7. ГОРОДСКИЕ И КУХОННЫЕ ОТХОДЫ

Кухонные отходы бытовые и предприятий общественного питания представляют значительный источник кормов. Пищевые отходы составляют 72,6 кг из общего количества примерно 170 кг всех отходов, приходящихся в ЧССР на одного человека в год. В пересчете на питательные вещества 5—7 т кухонных отходов заменяют 1 т ячменя. В ЧССР кухонные отходы, главным образом в крупных городах, составляют 300—350 тыс. тонн, что равноценно 50—70 тыс. тонн зерна, с помощью которого можно произвести 15—20 тыс. тонн свинины. Кроме того, отходы пищевой промышленности, различных предприятий и служб

дают еще около 5 млн. тонн потенциальных кормовых средств ежегодно. Переработка и использование этих отходов в связи с комплексным оздоровлением окружающей среды осуществляются вблизи крупных городов в ГДР, СССР, Болгарии, США, Дании, Голландии и других странах.

В ЧССР из кухонных отходов и побочных продуктов пищевой промышленности на 34 предприятиях изготавливается кормовая паста для свиней в количестве 145 тыс. тонн с содержанием сухого вещества 10—20%. Для приготовления этого корма целесообразно использовать техническую кровь и содержимое преджелудков.

Разработан метод конверсии кухонных отходов в корм для жвачных. Суть его заключается в том, что биогенный органический материал в течение 4—7 дней подвергается аэробному микробному процессу, смешивается с другими кормами и после добавления меляссы и мочевины гранулируется.

Изучалась также возможность использования городских экскрементов. Городской активированный кал при средней влажности и допустимом содержании тяжелых металлов, можно добавлять к кухонным отходам, обогащенным небелковым азотом. Сюда же включают содержимое преджелудков и кишечника, техническую кровь, мичелий.

Окончательный продукт — стерильный, без запаха, с оптимальным уровнем азотистых веществ, достигнутым за счет добавок небелкового азота. Он пригоден на корм крупному рогатому скоту.

Рациональное использование городских отходов осложняется проблемами организационного порядка, связанными с их сбором и сепарацией.

Перспективны крупнопроизводственные способы сортировки и переработки отходов. Существуют проекты предприятий по утилизации отходов (Рим, Милан) мощностью 600 т и более в сутки. Очищенные от металла, стекла, бумаги и прочих примесей кухонные и пищевые отходы перерабатываются в кашеобразный или гранулированный корм. Из других отходов органического происхождения производятся удобрения.

Такой способ эффективной утилизации отходов в крупных городах экономически выгоден и отвечает требованиям охраны окружающей среды.

1.2.8. ДРУГИЕ НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМОВЫЕ СРЕДСТВА

В кормлении животных можно достаточно эффективно применять некоторые отходы химической и металлургической промышленности.

В ЧССР с успехом используется примерно 5 тыс. тонн «пентасиропа», который образуется при производстве пентаэритрита. По своей энергетической ценности этот продукт приближается к свекольной меляссе и обладает хорошими склеивающими свойствами, необходимыми при производстве гранулированных кормов. Перспективно использование в кормлении жвачных сахаристых отходов, образующихся при производстве искусственных волокон.

Из отходов неорганического характера в качестве стабилизатора содержимого преджелудков крупного рогатого скота частично используется бентонит. Изучается возможность применения пыли, возникающей при сжигании цемента, как источника кальция и некоторых микроэлементов, необходимых в питании сельскохозяйственных животных.

Приведенное краткое описание нетрадиционных кормовых средств позволяет сделать вывод, что существуют реальные возможности улучшить за их счет баланс кормов и протеина.

Однако перед этим следует решить многие вопросы, связанные с микробным синтезом, определением качества, питательной ценности и безвредности для организма всех получаемых продуктов, пригодностью их для отдельных видов сельскохозяйственных животных. Следует разработать критерии для оценки и характеристики этих кормов, возможности их взаимной количественной и качественной заменяемости и сочетаемости.

Как правило, включению нетрадиционных кормов в рационы животных должна предшествовать определенная обработка физического, химического или биологического характера.

1.3. НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В большинстве случаев при ликвидации (утилизации) биогенных отходов целесообразно использовать законы живой природы (экосистемы). Растения, которые непосред-

ственно аккумулируют солнечную энергию, поедаются травоядными, последние, в свою очередь, служат пищей для хищников, микроорганизмы живут за счет разложения мертвых растительных и животных остатков. В данной цепочке происходит образование и видоизменение белка, происходящие процессы оказывают положительное влияние на экосистему. Речь идет о более полном и эффективном использовании солнечной энергии, аккумулированной растениями или трансформированной в отходы животноводства. Отдельные компоненты сельскохозяйственной и лесной экосистем, которые раньше не использовали или в большинстве случаев в условиях мелкотоварного производства возвращали лишь в первичный цикл сельскохозяйственного производства, сегодня необходимо хотя бы частично использовать и во вторичном цикле в качестве белкового или энергетического кормового средства. Таким образом открываются возможности эффективного использования ценностей, которые вчера приходилось просто-напросто уничтожать. Отходы следует рассматривать как ценное сырье, которое, однако, при неправильном использовании загрязняет окружающую среду. Вопрос утилизации отходов приобретает важное народнохозяйственное и экономическое значение, помогая уменьшить дефицит сырья и энергии и способствуя оздоровлению окружающей среды. Другими словами, «отходы — это сырье, лежащее не в том месте» [4].

Недопустимое загрязнение воды, почвы и воздуха твердыми, жидкими и газообразными отходами, угроза полного истощения естественных ресурсов настоятельно требуют от человечества рационального использования отходов.

В нашей книге речь пойдет об органических отходах биогенного характера, которые целесообразно использовать во вторичном цикле сельскохозяйственного производства с целью уменьшения их неблагоприятного воздействия на окружающую среду и пополнения фонда кормов для сельскохозяйственных животных.

Необходимо заранее правильно выбрать и обосновать направление и способ утилизации различных отходов и побочных продуктов.

Однозначно решается вопрос с отходами животного происхождения: они возвращаются в переработанном виде в цикл животноводческого производства.

Побочные продукты растительного происхождения (сельскохозяйственное и лесное производство, деревообрабатывающая промышленность) и городские отходы могут

утилизироваться различными способами, начиная от простого сжигания городских отходов до химической переработки твердых и жидких отходов деревообрабатывающей промышленности. Сегодня во множестве предлагаются различные способы использования никому не нужных до недавнего времени отходов. Критерием для их оценки и реализации должны быть убедительные экономические расчеты с учетом экологических аспектов. Лигниноцеллюлозные вещества, которые имеют неограниченную способность обновляться в природе (листья, мелкие ветви, корни, опилки), частично всегда возвращались в круговорот органического вещества, а после разложения их микроорганизмами играли важную роль в гомеостазе лесной экосистемы. Эти моменты также необходимо учитывать при утилизации отходов. Так, кору деревьев, например, целесообразно компостировать, ускоряя тем самым ее естественный возврат в почву. Скармливание жвачным жидких отходов (кисломолочная, древесная меласса) имеет большое значение и с точки зрения биологии. Важно, не нарушая законов круговорота органического вещества в природе, эффективно использовать отходы и побочные продукты различных производств и оградить окружающую среду от вредного воздействия. Многие из названных веществ в качестве энергетического средства могут быть полностью использованы жвачными. Эти животные, у которых идеальным образом макроорганизм сосуществует с микробами преджелудка и которые тысячелетиями являлись частью естественной сельскохозяйственной экосистемы, потребляющей растительную продукцию, становятся сегодня уникальнейшими и ценнейшими конверторами вторичных продуктов цивилизации в животный белок, необходимый для питания человека. Эффективная ликвидация отходов именно домашними животными является естественным процессом, который дополняет и уравнивает процесс круговорота органического вещества в природе.

Сегодня встает вопрос о том, что необходимо искать биологические способы утилизации любых биогенных отходов, так как не существует такой органической молекулы, которую в принципе нельзя было бы использовать для питания растения, животного или микроорганизма.

Городские отходы содержат 50—80% органического вещества в форме пищевых отходов и бумаги. После соответствующей очистки и переработки они должны быть возвращены в животноводство в качестве кормов. Да и вообще

уже давно необходимо принять за правило, что отходы, образовавшиеся из продуктов фотосинтеза, должны быть в различных формах возвращены кормовой цепочке.

Все эти вопросы должны решаться таким образом, чтобы способствовать восстановлению и поддержанию гармонии между природой и человеком в условиях его преобразовательной деятельности в густонаселенных и промышленно развитых странах.

До начала производства и использования промышленных удобрений было относительно легко продуцируемые деятельностью человека отходы возвращать в естественный цикл их утилизации. Большая часть биогенных отходов попадала в почву непосредственно или после гумификационного процесса в качестве естественного удобрения.

Промышленное производство удобрений изменило сложившееся равновесие. В результате их выпуска, хранения и использования резко повысилась степень загрязнения вод, почвы, воздуха.

Все процессы по утилизации отходов и побочных продуктов требуют значительных затрат энергии, что, в свою очередь, тоже весьма неблагоприятно влияет на окружающую среду. Поэтому следует избегать такой ситуации, когда переработка отходов будет загрязнять экосистему в большей степени, чем если бы они без предварительной подготовки были возвращены в естественный кругооборот веществ в природе. Этот критерий также следует помнить при выборе способа утилизации биогенных отходов.

1.4. НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Необходимым условием рациональной утилизации побочных продуктов становится создание «экологических технологий» с максимальной степенью конверсии органического вещества в продукты, пригодные для подкормки растений и кормления животных, нужд парникового хозяйства, разведения рыб, грибов и т. д.

Уже разработано немало число утопических на сегодняшний день и реальных моделей для решения проблемы переработки органического биогенного вещества.

Кроме упоминавшегося производства гранулированных кормов на базе очищенных пищевых отходов, имеются проекты городских ферм, полностью потребляющих раз-

личные городские и промышленные отходы в виде кормов и энергии.

Интересным является предложение по комплексной интегрированной утилизации отходов, накапливаемых в городе с населением 300 тыс. человек. Комплекс состоит из служб, производящих кормовые средства, и животноводческих ферм.

Завод по переработке городских и кухонных отходов производит за год 29,2 тыс. тонн органических удобрений и 7,3 тыс. тонн дополнительного корма для жвачных.

Имеется ферма на 500 коров и 750 голов молодняка крупного рогатого скота. В состав рациона входят птичий помет и подстилка, переработанные органические отходы и традиционные корма. Экскременты животных после соответствующей обработки используются в качестве добавки к зеленому корму для овец.

Птицеферма производит ежегодно 450 тыс. бройлеров, 13 тыс. племенных кур и 1,3 млн. яиц. Подстилка и помет птицы идут в корм для коров и откормочного скота.

Большая часть всех отходов микробиологически перерабатывается в полноценные качественные корма, остальные в виде органического удобрения вносятся под выращиваемые овощи и зерновые.

Однако никакие проекты и способы не могут решить всех проблем, связанных с загрязнением окружающей среды и полным использованием отходов.

Согласно законам термодинамики, нельзя полностью ликвидировать отходы, но можно превратить их в вещество с таким составом, которое легко переходит в почву, воду и воздух, не загрязняя их. В этом случае важно качество такого конечного продукта. Именно способность животных ликвидировать биогенные органические материалы при объективной тесной взаимосвязи их с почвой и природой обещает уменьшить неблагоприятные последствия воздействия этих факторов на окружающую среду. Максимального успеха, однако можно достичь лишь тогда, когда производственные процессы будут модифицированы таким образом, чтобы отходы, которые неблагоприятно влияют на окружающую среду, производилось как можно меньше.

Следует тщательно проанализировать соотношение между поголовьем животных и накоплением биогенных отходов. Территориальное размещение агропромышленных комплексов должно обеспечивать максимальную утилизацию биогенного органического вещества и производство

энергии в форме метана на покрытие повышенных энергетических затрат, сопровождающих переработку отходов в корма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bean L. H.: New Protein Foods, 3, 1978, s. 21—43.
2. Bogue D. J.: The Prospects for Population Control, Univ. of Chicago Press, 1966.
3. Boda K.: Agrochémia 16, 10—11, 1976, s. 289.
4. Braun R.: IRCWD NEWS 13, 1978, s. 1.
5. Bunker R. E.: Proceedings of a Technical Consultation Held in Rome, 22—24 nov. 1976, s. 265—295.
6. Burnet F. M.: Biologie snů a skutečnosti, Orbis, Praha, 1978.
7. Calvert C. C.—Morgan N. O.—Eby H. J.: Proc. Inter. Symp. on Livestock Wastes, Ohio State University, Columbus Ohio, ASAE Publication, 1971, s. 319—321.
8. Calvert C. C.—Morgan N. O.—Martin R. D.: Poultry Sci, 1970, s. 588—590.
9. Caregorodcev G. I.—Petlenko V. P.: Filosofskije i socialnogigieničeskije aspekty ochrany okružajuščeji sedy, Medicina, Moskva, 1976.
10. Cuenca C. L.—Ponce P. A.: The Dairy of the XX World Veterinary Congress 3, 1975, s. 3.
11. Eret V.: Využití tradičních i netradičních zdrojů bíkovin ve výživě zvířat, Praha, 1978, s. 23—33.
12. Fratrič A.—Chalupa M.—Králik J.: Trójsky kón civilizácie, Obzor, Bratislava, 1975.
13. Frumkin B.: Pravda, 31, aprila 1978.
14. Gorelov A. A.—Satalov A. T.: Filosofskije i socialno-gigieničeskije aspekty ochrany okružajuščeji sedy, Medicina, Moskva, 1976.
15. Charvát J.: Člověk a jeho svět, Avicenum, Praha, 1974.
16. Chejuman S. A.: Naučno-techničeskaja revolucija segodnja i zavtra, Politizdat, Moskva, 1977.
17. Křeček J.: Využití tradičních i netradičních zdrojů bíkovin ve výživě zvířat, Praha, 1978.
18. Linko M.: Proceedings of a Technical Consultation Held in Rome, 22—24 November 1976, s. 39—50.
19. Lysenko L. P.: Priroda i obščestvo, Izd. BGČ. Minsk, 1976.
20. Mališ A.: Nové slovo, 5, april, 1979.
21. Manocha S. L.: Nutrition and our Overpopulated Planet Publisher: Ch. C. Thomas, Springfield—Illinois, 1975.
22. Morgan N. O.—Calvert C. C.—Martin R. D.: USDA Agricultural Research Service, Bull., 13, 1976, s. 136.
23. Müller Z. O.: Proceedings of a Technical Consultation Held in Rome, 22—24 November 1976, s. 265—295.
24. Tannenbaum S. R.—Pace G. W.: Food from Waste ASP LTD, London, 1976, s. 8—22.

2. МИКРОБИАЛЬНЫЙ БЕЛОК (БЕЛОК ОДНОКЛЕТОЧНЫХ)

Микробиальный белок будет приобретать в будущем все большее значение, дополняя и частично заменяя сельскохозяйственные продукты.

Данное производство имеет свою специфику в зависимости от того, идет ли речь о целенаправленной переработке различного сырья (алканы, метанол, дерево) в кормовые дрожжи или же она осуществляется в рамках ликвидации отходов, загрязняющих среду.

Вырабатываются кормовые дрожжи на заводах мощностью 50—100 тыс. и более тонн в год. Такие предприятия строятся, например, в СССР, который является самым крупным производителем кормовых дрожжей.

Данное производство осуществляется на базе гидролизатов лигниноцеллюлозных материалов, нефтехимического сырья и традиционного микробиологического сырья, мялассы в странах с развитым сахароварением. Организмами-продуцентами всегда являются дрожжи, чаще рода *Candida*, иногда *Saccharomyopsis*. Конечный продукт — сухие (обычно после термолиза) кормовые дрожжи. В настоящее время разрабатываются технологические методы с использованием таких организмов-продуцентов, как бактерии и плесени.

Классическим методом при утилизации отходов является производство, основанное на использовании сульфитных щелоков или их комбинации с этанолом. Конечная продукция, получаемая при использовании некоторых других организмов-продуцентов при разнообразных методиках культивирования, пока еще не была аттестована как кормовое средство (по качеству и безвредности).

Кроме типичного выпуска микробиального белка, развивается производство смешанного корма, при котором клетки продуцентного штамма не изолируют в чистом виде. Прежде всего это относится к лигниноцеллюлозным отходам (дерево, солома) с минимальной предварительной обработкой. Наиболее экономически выгодным является метод так называемой полужидкой ферментации (semi-solid fermentation), когда исходный материал лишь увлажняют,

а затем дают ему прорасти клетками микроорганизмов. Конечный продукт предназначается в корм жвачным, которые переваривают также целлюлозу, не использованную микроорганизмами.

Все перечисленные методы основаны на применении гетеротрофных микроорганизмов, однако не исключено, что будут реализованы предложения по использованию ауто-трофных организмов, например одноклеточных водорослей.

Кроме того, существуют различные виды производства, при которых биомасса микробного белка является побочным продуктом с высокой питательной ценностью. Классический пример — дрожжевые отходы (производство пива, этанола), мицелий (производство лимонной кислоты и антибиотиков). В последнем случае желательна дополнительная обработка для инактивации остатков антибиотиков.

Причин растущего интереса к производству белка одноклеточных много. Главная из них — неспособность сельского хозяйства удовлетворить запросы все возрастающего народонаселения в продуктах питания. Ввиду относительно низкой оплаты корма при производстве продуктов животноводства в настоящее время изучается вопрос об использовании белка одноклеточных непосредственно для питания человека (табл. 2). Интенсивные исследования в этом направлении ведутся и в СССР.

В сравнении с традиционным сельским хозяйством производство белка одноклеточных имеет сильные и слабые стороны. К преимуществам его относятся:

- высокая продуктивность. Новейшие автоматизированные заводы нуждаются в ограниченном числе работников;
- скорость роста. В производственных условиях дрожжи удваивают сухое вещество своей массы за 2—4 ч, а бактерии за 15—45 мин.;
- эффективное использование питательных веществ. Культуры дрожжей и бактерий используют почти на 100% все вносимые питательные вещества, тогда как в растениеводстве этот показатель составляет 20—40%;
- биологическая ценность продукции, которая в сравнении с продуктами растениеводства содержит значительно больше незаменимых аминокислот. Некоторые виды (в частности бактерии), имеют примерно такой же аминокислотный состав белков, как и белки животных. Кроме того, микроорганизмы способны продуцировать различные витамины.

Таблица 2. Аминокислотный состав одноклеточных в сравнении с соей, говядиной и уровнем, рекомендуемым ФАО (концентрация аминокислот приведена в % от протеина, а для 7 от биомассы с 60%-ным содержанием сырого протеина)

	Одноклеточные											Соя	Мясо	ФАО
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
Изолейцин	4,3	4,2	4,3	5,5	5,3	4,0—5,1	2,7	5,1	5,4	6,0	4,0			
Лейцин	6,9	8,2	8,1	8,6	8,8	5,3—8,3	4,1	7,4	7,7	8,0	7,0			
Фенилаланин	3,7	4,5	4,6	4,4	4,6	3,4—5,0	2,3	4,3	5,1	5,0	*			
Тирозин	3,4	3,7	3,8	3,9	3,8	—	1,7	3,6	2,7		*			
Треонин	4,6	5,6	4,6	5,9	5,3	4,4—5,2	3,1	4,9	4,0	5,0	4,0			
Триптофан	1,2	—	—	1,1	—	—	0,6	1,4	1,5	1,4	1,0			
Валин	5,1	6,0	6,5	6,7	6,7	4,6—6,2	2,9	5,9	5,0	5,5	5,0			
Аргинин	—	6,0	6,2	5,7	5,8	—	2,5	5,1	7,7	7,7	*			
Гистидин	—	3,5	2,2	2,5	2,4	—	1,0	2,1	2,4	3,3	5,0			
Лизин	6,4	7,7	5,7	7,5	7,5	6,0—8,1	3,8	7,4	6,5	10,0	5,5			
Цистин	1,1	1,0	1,2	0,8	0,2	—	0,9	1,1	1,4	1,2	—			
Метионин	1,5	2,0	2,7	1,5	2,3	0,9—1,5	0,7	1,8	1,4	3,2	—			
Серусодержащие аминокислоты	2,6	3,0	3,9	2,3	2,5	—	1,6	2,9	2,8	4,4	3,5			
Тиамин	6	—	—	—	—	—	12	—	—	1—3	—			
Рибофлавин	66	—	—	—	—	—	160	—	—	2	—			
Пиридоксин	16	—	—	—	—	—	8	—	—	1—4	—			
Ниацин	488	—	—	—	—	—	372	—	—	4—100	15			
Пантотенат	35	—	—	—	—	—	107	—	—	7—21	3			
Биотин	2	—	—	—	—	—	0,4	—	—	—	—			
Фолиевые кислоты	12	—	—	—	—	—	1,8	—	—	—	—			

Примечание. Одноклеточные: 1 — *Pastinomyces* sp.; 2 — средние данные для 15 штаммов плесени, преимущественно *Penicillium*, *Aspergillus* и *Fusarium* spp.; 3—5 — бактерии; 6—8 — дрожжи; 9 — минимальные и максимальные показатели для *Kloestera* sp., *Candida boidinii*, *Hansenula polymorpha*; 7 — *Candida* sp.; 8 — *C. lipolytica*; 11 — рекомендованное содержание аминокислот для нужд человека. Субстраты: 1 — сульфитовые щелоки, 2 — сахаросодержащее сырье (в частности, меласса и крахмал), 3 — метан, 4 — метанол, 7—8 — *n*-алканы.

* Сумма ароматических кислот 6,0.

Особо следует отметить независимость данного производства от почвы и климатических условий, меньшую потребность в воде, широкий ассортимент сырья (от водорода, CO_2 и отходов нефтехимии до древесины и экскрементов), возможность сочетать производство БО с производством метаболитов (лимонная кислота, алкоholes, метан).

Недостатки:

- необходимость строгой регулярности в поставках органического источника углерода и энергии, часть которых у гетеротрофов, каковыми являются практически все используемые сегодня организмы, теряется в форме CO_2 ;
- высокая капиталоемкость производства;
- повышенное содержание в продукции нуклеиновых кислот, в силу чего произведенный БО не может использоваться в большом количестве без соответствующей дополнительной обработки.

Однако производство БО имеет один значительный плюс, обеспечивающий его неуклонный рост, а именно — чистоту окружающей среды. Современное сельское хозяйство использует многочисленные химические соединения в качестве удобрений, пестицидов и стимуляторов роста. Многие из них являются мутагенами (например, так называемый нитровин, используемый в животноводстве). Эти вещества переходят в продукты питания человека и питьевую воду.

Весьма настораживает тот факт, что в ЧССР во многих сельскохозяйственных областях число новорожденных с врожденными пороками развития более высокое, чем в промышленных районах. Это объясняется именно мутагенностью многих пестицидов. Если же для производства БО используется неконтаминированное сырье, то конечный продукт не содержит вредных веществ. Кроме того, из него сравнительно просто выделить часть белка в очень чистой форме, очевидно пригодной для питания человека.

Расширение производства БО обосновано и с точки зрения энергетического баланса. В современном сельском хозяйстве и пищевой промышленности на производство биологически ценных мясных продуктов расходуется в несколько раз больше энергии, чем в них содержится. Кроме того, животноводство загрязняет окружающую среду отходами (экскременты), а растениеводство является главной причиной повышения концентрации нитратов в питьевой воде (в пищеварительном аппарате они могут редуцироваться на

нитриты, из которых в результате реакции с аминами возникают канцерогенные нитрозамины). В свою очередь, животноводство нуждается в достаточном количестве кормового белка. При постоянном недостатке его и быстром росте цен на рыбную муку, жмыхи и т. д. производство БО необходимо для развития интенсивного производства животноводческих продуктов.

К основным продуцентам микробиального белка относятся водоросли, бактерии, дрожжи и плесени.

2.1. ВОДРОСЛИ

Водоросли как автотрофные организмы с высокой способностью к росту уже давно рассматриваются человеком в качестве потенциального источника питательных веществ для людей и животных [7]. Известно, что возможность получения органического вещества в форме одноклеточных водорослей в Мировом океане или пресных водах весьма велика [14]. При средней интенсивности процессов фотосинтеза (10 г углерода на 1 м^2 поверхности) потенциальная продуктивность мировых вод составляет $3,6 \times 10^{12} \text{ кг}$ углерода за год.

Одноклеточные водоросли требуют для своего роста совершенно других условий, чем большинство микроорганизмов. Прежде всего, они нуждаются в свете (процессы ассимиляции у водорослей, как и у высших растений, проходят при помощи фотосинтеза), достаточном количестве углекислого газа, минеральных веществ и определенном температурном режиме.

Некоторые виды водорослей растут на отходах, возникающих при сгорании газов [22], на экскрементах человека и животных [11], на отходах спиртовой промышленности [3], в сточных водах [10].

В Японии этой проблемой начали заниматься еще в 1947 г., а с 1957 г. одноклеточные водоросли культивируют там в промышленных условиях с целью получения белка и жиров. Возможность промышленного производства водорослей для питания человека и животных изучалась и в других странах (ЧССР, СССР, Болгария). В СССР планируют промышленное производство сине-зеленых водорослей для кормления сельскохозяйственных животных [30]. В Узбекистане, например, в 1972 г. получили 17 тыс. т суспензии водоросли *Chlorella*, которая используется для обогащения кормов витаминами.

Большой интерес к водорослям вызвали проекты использования их для питания человека и кормления животных при длительных космических полетах. С этой точки зрения водоросли изучают как источник белка и витаминов, а также как регенератор, обеспечивающий обмен CO_2 . Так были испытаны некоторые виды водоросли *Chlorella* (*Chlorella ellipsoidea*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella vulgaris*).

Особое внимание специалисты уделяют одноклеточным водорослям *Chlorella* и *Scenedesmus*, биология которых изучена наиболее досконально. В группу водорослей, наиболее пригодных для промышленного выращивания, включаются 9 видов рода *Chlorella*, 11 видов рода *Scenedesmus*, некоторые сине-зеленые водоросли *Cyanophyceae*.

Хотя биологическая ценность одноклеточных водорослей из-за низкого содержания в них серусодержащих аминокислот невелика (по сравнению с казеином), ее довольно просто повысить добавкой синтетического метионина. Усвояемость белка водоросли *Chlorella* довольно средняя из-за низкой переваримости протеина [21]. Переваримость водоросли *Chlorella* (определенная *in vitro* с помощью триптозина) составила 46,2% (для сухих клеток 62,5—65,5%, для клеток с разрушенными оболочками — 75,1%, экстрагированного протеина — 85,6—87,4%). Было установлено, что *Chlorella* плохо переваривается моногастричными, несмотря на высокую переваримость чистого протеина.

Тот же вывод справедлив и для водоросли *Scenedesmus*. Переваримость протеина (в опытах на крысах) составила примерно 45%. Для клеток с разрушенными оболочками (*S. obliuus*) она повышалась до 70—75,3% [19], экстрагированного протеина — до 87,2% [33].

При скормлинии смеси водорослей *Scenedesmus* и *Chlorella* (10:1) переваримость протеина у коров составила 73%, у свиней — 54%. Технологическая обработка водорослей лишь незначительно увеличивает биологическую ценность и усвояемость протеина.

Инертная и плотная клеточная оболочка водорослей *Chlorella* и *Scenedesmus* препятствует практическому использованию их в рационах моногастричных и питании человека. Ведется поиск различных способов, позволяющих устранить эти недостатки:

- а) — генетическое выведение водоросли с более тонкой клеточной оболочкой;

- б) — дезинтеграция и разрушение оболочек, получение экстрагированного протеина, пригодного для использования моногастричными животными и человеком;
- в) — скормливание водоросли жвачным животным;
- г) — использование водоросли в качестве ферментного субстрата для других видов микроорганизмов.

Недавно появилось сообщение о том, что получен вид водоросли *Scenedesmus*, белок которой используется лучше по сравнению с ранее тестируемыми видами. Содержание протеина в нем составляет 50—56%, полноценность протеина достигает 50,6—70,5%, а эффективность использования протеина (ЭИП) — 2,7 (казеин — 3,03). Опыты были поставлены на индюшатах, цыплятах и поросятах. Оказалось, что животные весьма хорошо используют белок этого вида водоросли для своего роста.

Опытным путем (по окрашиванию яичного белка) установили, что β -каротин, содержащийся в мембранах водоросли *Chlorella*, несущки не усваивают [33].

Напротив, использование сухих водорослей *Scenedesmus quadricauda* в качестве источника каротиновых пигментов для достижения желаемого окрашивания яичного желтка и повышения его витаминной ценности дало хорошие результаты [18]. В течение пяти недель водоросли скормливали двум группам несушек породы леггорн в количествах 2 и 3,5% на 1 кг корма. За время опыта содержание каротина в яичном желтке I группы (2% водорослей) повысилось на 29%, II группы (3,5% водорослей) — на 73% в сравнении с контрольной группой. Содержание ксантофилов в сухом веществе яичного желтка было соответственно на 201,7 и 243%, аксерофтола — на 51,7 и 62% выше по сравнению с контрольной группой.

Высокий уровень каротиноидных пигментов удерживался в желтках яиц еще 3—5 дней после исключения водорослей из рациона. Опыт доказал, что дозированной добавкой водорослей можно регулировать интенсивность окрашивания яичного желтка.

Изучалось также влияние каротиноидных пигментов упомянутых водорослей на пигментацию кожи и лапок цыплят. И в этом случае были получены положительные результаты. Установлены также повышенное содержание аксерофтола в органах цыплят опытных групп, более выраженная пигментация их мяса и кожи.

В последнее время большое внимание уделяется одноклеточной водоросли *Spirulina platensis* [8]. Она приблизи-

тельно в 100 раз больше, чем *Chlorella*, достигает 250—500 мкм, спиралевидной формы, произрастает в некоторых пресноводных озерах Африки (Чад, Эфиопия, Кения). В Чаде человек издавна использует эти водоросли в пищу. Собирают водоросли примитивным способом и сушат на солнце. Естественная среда их произрастания богата бикарбонатом натрия. Потребность этой водоросли в других минеральных веществах сходна с потребностью высших растений. Лимитирующим фактором является наличие натрия, оптимальная температура для роста и развития составляет 30—35°C. Характерно высокое содержание протеина хорошего качества (до 70% в сухом веществе). Переваримость протеина удовлетворительная. Изучались две разновидности этой водоросли: *Spirulina platensis* (родина — озеро Чад) и *Spirulina maxima* (Мексика), произрастающие примерно в одинаковых условиях (рН 9—11, достаточное количество азота, главным образом, в форме аммонийных солей). Их продуктивность при оптимальном режиме достигает 16 г/м²/сутки (не менее 12 г/м²/сутки). Рост водоросли можно существенно интенсифицировать.

Химическими анализами был установлен следующий состав сухого вещества водоросли: сырая зола — 14—18%, жир — 5—6, белок — (N × 6,25) 45—49, углеводы — 16—20, целлюлоза — 0,2—0,7, хлорофилл — 1,5%.

В очищенной биомассе водоросли содержалось протеина 62—68%, углеводов — 18—20, жира — 2—3, нуклеиновых кислот — 4,1%. Обнаружено наличие незаменимых аминокислот на достаточно высоком уровне, за исключением серусодержащих, особенно метионина. Помимо бета-каротина, присутствуют витамины B₁, B₂, B₆ и B₁₂.

Биологическая ценность протеина неочищенной биомассы водоросли *Spirulina* в опыте на растущих крысах составила 60—65%, усвояемость протеина 45—50, переваримость протеина — 70%.

Тесты на острую токсичность дали отрицательные результаты. Тестирование субхронической токсичности показало, что очищенную биомассу водоросли можно включать в рационы цыплят, водоплавающей птицы, кроликов, свиней, крупного рогатого скота и рыб в количестве 10% без каких-либо неблагоприятных последствий.

Вопрос о практическом использовании водорослей для кормления животных и питания человека находится пока на стадии изучения и разработки. Возможно использование видов *Spirulina* и *Scenedesmus* в качестве добавки к

основному корму, однако промышленное производство этих водорослей сдерживается экономическими факторами (капиталовложения, наличие пригодных водоемов, необходимость поддержания определенной температуры, обогащение среды CO₂ и т. д.).

На современном этапе производство водорослей в качестве источника белка экономически невыгодно. Практическое применение может найти использование водорослей в виде водной суспензии, исключив затраты на их сушку и переработку.

2.2. БАКТЕРИИ

Бактерии в качестве потенциального источника белка имеют по сравнению с другими микроорганизмами определенные преимущества:

- быстрый рост при оптимальных условиях культивирования (87 поколений за сутки для *Escherichia coli*, 43 — для *Pseudomonas fluorescens*). В среднем биомасса бактерий растет в четыре раза быстрее биомассы дрожжей и примерно тридцать раз быстрее водорослей [25];
- содержание белка в бактериях в зависимости от вида составляет 30—86% в сухом веществе [12], тогда как в дрожжах и водорослях этот показатель не превышает 60%;
- белок бактерий содержит метионина, триптофана и цистина больше, чем белок дрожжей и большинства грибов [7];
- оболочка бактерий легче разрушается абразивами, ультразвуком, а в некоторых случаях и ферментативно [41]. К недостаткам бактерий относятся:
- повышенное содержание РНК, которое возрастает с увеличением скорости роста и характеризует быстро размножающиеся популяции [13];
- содержание лизина меньше, чем у дрожжей, но больше, чем у водорослей [17];
- клеточные оболочки плохо отделяются;
- коэффициент выхода массы в сравнении с остальными микроорганизмами более низкий.

Помимо культивирования бактерий на традиционных источниках углерода (различные виды сахаров, крахмал и т. д.), в последнее время уделяется большое внимание производству бактерий на углеводородах. Насыщенные углеводороды используются многими видами бактерий при про-

мышленном производстве жирных кислот, восков, жиров, кислот глютаминовой, дипиколиковой и салициловой.

Давно известно, что бактерии используют метан и могут расти на природном газе [15; 26], но лишь совсем недавно на этой основе было реализовано промышленное производство белка одноклеточных организмов [27; 9; 40; 111]. Метан как сырье для производства бактериального белка перспективен там, где есть его богатые залежи. Используемые виды бактерий или их смеси представляют собой производственную тайну.

Производство биомассы на метане имеет существенные недостатки, помимо высокой капиталоемкости. Растворимость метана в воде низка, а в сочетании с воздухом он образует взрывоопасную смесь, конструкция промышленных ферментеров с рециркуляцией газовой фазы и подогревом весьма сложна.

В настоящее время происходит спад интереса к метану на фоне успешного полупромышленного производства бактериальной массы на метаноле, который является первым продуктом окисления метана в бактериальной клетке. Метанол без особых затрат можно получить из метана, а его использование не так требовательно к конструкции оборудования, причем расход кислорода и воды для охлаждения значительно меньше, а производительность ферментеров выше. При ферментации на питательной среде, содержащей 0,1—0,2% метанола, бактериями было использовано примерно 41% углерода субстрата.

Японская компания Mitsubischi Gas Chemical Company Inc. уже выпускает промышленную продукцию биомассы бактерий с высоким содержанием белка (до 86%). В качестве продуцента используется бактерия *Pseudomonas*, культивированная на метаноле.

Источником углерода для бактерий может служить и этанол. Компания Esso (Standart Oil Co. New Jersey), совместно с швейцарской Nestlé уже выпускает опытные партии такого бактериального белка. В качестве организма-продуцента используют *Micrococcus cerificans* или смесь различных культур бактерий.

Еще одним богатым источником углерода являются чистые нормальные алканы. На питательной среде, которая содержит в качестве источника углерода *n*-алканы (C_5 — C_{25}) с добавкой антибиотиков и других веществ, культивируют *Artrobacter paraffineus*, *A. roseoparaffineus*, *Brevibacterium ketoglutamicum* [34].

По некоторым сообщениям, процесс биосинтеза белков на *n*-алканах (C_1 — C_{35}) в США имеет свои особенности [23].

Существует возможность получения белка одноклеточных на целлюлозных отходах [12]. Были выделены бактерии рода *Cellulomonas*, которые расщепляют целлюлозу, после чего последняя легко переваривается животными, тогда как необработанная целлюлоза труднопереварима или непереварима вообще. В результате синтетической ферментации *Alcaligenes faecalis* продукция бактериальной биомассы увеличивается в несколько раз.

Более 30 видов бактерий уже были испытаны в качестве потенциального источника белка. Это 12 видов рода *Pseudomonas*, 9 — *Bacterium*, 4 — *Bacillus*, по 2 — *Metanomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium* и др. [24].

Питательная ценность бактериального белка, особенно некоторых видов, мало изучена. В большинстве случаев приводятся данные, характеризующие содержание протеина и других питательных веществ в сухом веществе. Так, например, для бактерий, растущих на метане, эти показатели составили: 60—70% сырого протеина, 5—15 — жира, 13—35 — углеводов, 2—6 — золы, 2—6% воды, 15—45 мг витамина B_{12} и 69 мг витамина B_1 в 1 кг сухого вещества. Для бактерий, культивируемых на *n*-алканах, величины эти изменились: сырой протеин — 63—75%, жир — 10—15, углеводы — 10, зола — 6—12%. Содержание витаминов (особенно группы B) в биомассе относительно высоко:

Ценность бактериального белка некоторых видов снижается за счет несбалансированного аминокислотного состава или отсутствия отдельных аминокислот.

Бактериальные белки, за редким исключением, богаты лизинном, и, подобно другим микроорганизмам, относительно бедны серусодержащими аминокислотами, особенно метионином. Эти данные подтвердились и в опытах на животных.

Совершенно особое положение с этой точки зрения занимает вид *Micobacterium tuberculosis*, относительно богатый метионином. При условии устранения патогенности этого микроорганизма из него можно получать белок весьма высокого качества [24].

Определение питательной ценности сухой биомассы бактерий *E. coli* в опытах на индюшатах и мышах показало, что эти бактерии могут быть полноценным источником белка для растущих животных [27; 28]. Даже неприятный запах биомассы этой бактерии не препятствовал поеданию ее

крупным рогатым скотом [37]. Биомасса *E. coli* использовалась эффективно в рационах индюшат [4], цыплят, причем переваримость протеина в последнем случае составила 80% [16]. Некоторые данные о биомассе отдельных видов бактерий даны в таблице 3.

Таблица 3. Содержание протеина и лимитирующих аминокислот в биомассе бактерий

Вид бактерий	Содержание протеина в сухом веществе, %	Лимитирующие аминокислоты	Источник
1	2	3	4
<i>Hydrogenomonas eutropha</i>	50,0	Метионин	Лэйченс, 1968
<i>Hydrogenomonas facilis</i>	48,0	Метионин	Лэйченс, 1968
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	78,7	Триптофан и серу-содержащие	Ямада и др., 1968
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> *	67,8	Триптофан и серу-содержащие	Ямада и др., 1968
<i>Bacillus subtilis</i>	63,0	Триптофан и серу-содержащие	Миллер, 1968
<i>Bacillus anthracis</i>	58,0	Треонин	Миллер, 1968
<i>Bacillus megaterium</i>	35,0—50,0	Треонин	Залабак и др., 1972
<i>Escherichia coli</i>	79,0	Метионин	Ямада и др., 1968
<i>Streptococcus aureus</i>	76,0	Метионин	Миллер, 1968
Бактериальная биомасса (штамм не определен) *	60,0—72,0	Метионин	Маурон, 1969

* Культивируется на углеводородах.

В своих опытах Танненбаум использовал *Bacillus megaterium* в качестве модели для определения оптимальных способов переработки и использования микробиального белка. Оказалось, что из клеток с поврежденными оболочками несложно изолировать несколько фракций растворимых белков, но этим способом можно выделить лишь 50% содержащихся в клетках аминокислот. Аминокислотный состав одной из этих фракций подобен аминокислотному составу белка коровьего молока. Эти данные подтвердились в опытах с асперогенным вариантом *Bacillus megaterium*,

культивируемым на глюкозе с добавкой минеральных веществ [41]. В полученной биомассе было также установлено высокое содержание витамина B_{12} (10—15 мг в 1 кг сухого вещества). Сухие клетки *Bacillus megaterium* использовались в качестве добавки к рациону цыплят. В ходе опыта каких-либо неблагоприятных влияний данного белка на рост и клиническое состояние цыплят установлено не было. Однако переваримость протеина этого вида бактерий до сих пор точно не определена. По данным Танненбаума и Миллера, так называемая кажущаяся переваримость составляет всего лишь 56%, но при разрушении клеточных оболочек она повышается до 67%. При этом следует отметить, что так называемая «кажущаяся — балансовая» переваримость на самом деле более низкая, чем истинная переваримость. Кормленческие опыты с использованием *Hydrogenomonas eutropha* были поставлены на некоторых видах животных.

Характеристика опытов дана в таблице 4 [41].

Таблица 4. Количество и способ скормливания биомассы *Hydrogenomonas eutropha* в опытах на некоторых высших организмах

Объект исследования	Численный состав опытной группы	Способ скормливания биомассы	Суточная дача биомассы, г/кг живой массы
Человек	8	В смеси с рационом	0,14—0,38
Шимпанзе	2	В смеси с рационом	0,5
Шимпанзе	4	Зондом	0,5—1,0
Собаки	2	В смеси с рационом	0,5—0,7
Поросята	1	В смеси с рационом	0,7
Мартышки	2	В смеси с рационом	0,8—1,1
Мыши	6	Зондом	2,5

У всех видов животных была определена высокая истинная переваримость (90% после варки и разрушения клеточных оболочек) и усвояемость протеина этого микроорганизма. Тем неожиданнее были осложнения, возникавшие при добавке нескольких граммов тщательно очищенной биомассы *H. eutropha* и *A. aerogenes* в пищу людей [4; 36]. Отмечались нарушения пищеварения, мышечная слабость и кожные высыпания у молодых, здоровых добровольцев. При переходе на контрольную диету уже на другой день все эти симптомы исчезали.

Обнадеживающие результаты получены в опытах с волокнистыми термофильными актиномицетами, вырабатывающими высокоактивные целлюлазы и способными использовать лигниноцеллюлозный материал с малой степенью предварительной подготовки. При термофильных условиях можно работать неасептически. В этом случае заражение патогенной микрофлорой исключается, а при температуре 60—65°C наступает инактивация самой патогенной микрофлоры, содержащейся в сырье (в первую очередь, вегетативных форм). Охлаждение ферментов намного проще и дешевле, чем при мезофильном процессе. Однако кормовые и гигиенические особенности волокнистых термофильных актиномицетов еще недостаточно хорошо изучены.

Принимая во внимание высокий уровень протеина и относительно высокую биологическую ценность, бактериальный белок после решения всех упомянутых вопросов можно будет использовать в форме белковых добавок в корма для животных или продукты питания человека.

С экономической точки зрения большое значение имеет производство белковых концентратов метанового брожения, богатых витамином B₁₂. В СССР их вырабатывают из различных отходов при помощи термофильных бактерий. Производство экономично даже при переработке малоконцентрированных отходов, таких, как выжимки после дистилляции этанола или ацетона и бутанола [2]. После сушки препарат используется в качестве витаминно-белкового концентрата. При термофильном анаэробном ферментировании инактивируются и споры мезофильных бактерий.

Чрезвычайно перспективно производство биогаза из отходов животноводства (экскрементов). Теоретически ферма на 100 голов крупного рогатого скота может быть энергетически автономным предприятием, так как 90% распавшихся органических веществ переходит в энергию метана. Сточная продукция метана в расчете на одну корову эквивалентна энергии 0,5 л бензина. Избыточная энергия более крупных ферм может быть использована для производства БО аэробным путем.

2.3. ДРОЖЖИ

Использование дрожжей, культивируемых на «классических» углеводных субстратах, на кормовые или пищевые нужды (в концентрациях, не превышающих 1% от живой массы), имеет давнюю традицию. Дрожжи являются ис-

точником белка и витаминов, преимущественно группы В, хорошо растут при температуре 25—40°C в среде с кислотностью до pH 3,5 [7]. Состав продукции можно технологически регулировать, например повысить содержание в ней жира или белка.

При производстве дрожжей можно использовать легкодоступное и дешевое сырье, включая нефтехимическое. Субстраты для культивирования дрожжей можно классифицировать следующим образом.

Традиционные субстраты	Нетрадиционные субстраты
Меласса	Газовое масло
Сульфитные щелока и выжимки	<i>n</i> -алканы
Отходы крахмального производства	Синтетический метанол
Сыворотка	Синтетический этанол
Барда	
Гидролизаты древесины	
Отходы производства лимонной кислоты	
Сельскохозяйственные отходы (кукурузные кочерыги, солома и т. д.)	

Выход и качество биомассы зависят от вида дрожжей, питательной среды и технологических условий.

Дрожжи как высокоэффективный генератор белка обладают следующими достоинствами:

- способ их культивирования в промышленных условиях хорошо отработан как на традиционных углеводных субстратах, так и других источниках углеводорода;
- клетки дрожжей больше клеток бактерий, что облегчает их сепарацию;
- питательные и гигиенические качества биомассы хорошо изучены;
- содержание нуклеиновых кислот меньше, чем в бактериях;
- переваримость питательных веществ биомассы дрожжей превосходит соответствующий показатель у водорослей и бактерий.

Эффективность производства протеина дрожжами в оптимальных условиях в 2,5 тыс. раз превышает эффективность биосинтеза белка в организмах сельскохозяйственных животных, при этом на единицу продукции потребляется в семь раз меньше воды [24].

Состав дрожжей и их питательная ценность. Дрожжи, как правило, богаты белками (6—10%). Содержание основных питательных веществ, а также отдельных элементов и витаминов зависит от вида и рода дрожжей, субстрата и условий культивирования.

Самый низкий уровень протеина отмечается у дрожжей *S. cerevisiae* (пекарские дрожжи), а также *T. utilis*, культивируемых на сульфитных щелоках. Больше всего протеина содержат дрожжи *T. utilis*, культивируемые на синтетическом этаноле, и *C. lipolytica*, культивируемые на углеводородах. Содержание протеина в них составляет 60%. Примерно 20% из всех азотистых веществ в дрожжах составляют небелковые азотистые вещества, которые концентрируются в пуриновых и пиримидиновых основаниях нуклеиновых кислот.

Жиры в дрожжах содержится 0,5—9% в сухом веществе. Состав отдельных жиров колеблется, но большинство жирных кислот имеет парное количество атомов углерода в молекуле.

Уровень сахаридов (главным образом в форме гликогена) достаточно высок.

Содержание золы зависит от используемого субстрата. В среднем оно составляет 6—9%, из них примерно 33—40% падает на кальций и фосфор.

Таблица 5. Истинная переваримость (%) протеина и незаменимых аминокислот, содержащихся в дрожжах, выращенных на углеводородном субстрате (в сравнении с другими источниками протеина)

Аминокислота	Дрожжи Lavega	Дрожжи Grangemouth	Рыбная мука	Соевая мука
Сырой протеин	93,2	92,9	93,1	94,0
Лизин	95,0	92,8	95,7	93,9
Метионин	91,6	89,1	94,6	91,5
Цистин	91,3	91,1	94,2	94,7
Изолейцин	94,5	92,1	94,7	93,9
Лейцин	94,2	91,9	95,0	93,8
Фенилаланин	95,1	93,1	95,2	95,5
Тирозин	92,6	90,7	92,8	92,8
Триптофан	—	—	—	—
Треонин	95,3	93,5	95,2	94,0
Гистидин	96,0	95,3	96,6	96,3
Аргинин	96,7	95,2	96,7	97,6
Валин	94,4	92,5	93,9	93,2

Дрожжи бедны витаминами, за исключением витаминов группы В (кроме В₁₂).

Аминокислотный состав дрожжей. Он зависит от вида и штамма дрожжей, субстрата, условий культивирования.

В среднем аминокислотный состав дрожжей весьма благоприятен, за исключением метионина и цистина. Содержание лизина и остальных незаменимых аминокислот относительно высоко. Дрожжи, выращиваемые на углеводородах, характеризуются высокой переваримостью незаменимых аминокислот (табл. 5).

Результаты сравнения ЭИП (эффективность использования протеина) дрожжей с различной степенью подготовки приведены в таблице 6 [21].

Таблица 6. Эффективность использования протеина (ЭИП) дрожжей по сравнению с казеином

Источник протеина	Скормлено протеина, г за 10 дней *	Прирост массы, г за 10 дней	ЭИП **
Казеин	26,3	60,5	2,3 (2,4)
Протеин торулы	21,6	35,5	1,6 (1,7)
Протеин торулы + метионин	25,3	56,3	2,2 (2,3)
Казеин, ошелоченный мочевиной	24,1	54,3	2,3 (2,5)
Сухая торула	25,3	28,5	1,1 (1,6)

* Рацион, скормливаемый крысам, содержал 25% протеина.

** Показатели в скобках рассчитаны по переваримости и представляют истинную ЭИП.

Полноценность протеина дрожжей, выращенных на углеводородах, повышают за счет обогащения их метионином (табл. 7).

В Микробиологическом институте Чехословацкой Академии наук в Праге разработана и испытана система комплексной переработки биомассы дрожжей. При этом получают изолированный чистый протеин (70—90%), жир, дрожжевые остатки, идущие в корм животным и содержащие примерно 30% протеина, а также вкусовые вещества, состоящие из смеси пептидов, свободных аминокислот и минеральных веществ. В ходе технологического процесса происходит частичный распад нуклеиновых кислот, так что окончательный продукт обладает хорошими диетическими качествами.

Таблица 7. Влияние добавки DL-метионина на увеличение биологической ценности протеина (БЦ), нетто использования протеина (НИП) и переваримость протеина (ПП) дрожжей, культивируемых на углеводородах

Источник протеина	НИП	ПП	БЦ
Дрожжи G *	59	96	61
Дрожжи G+0,3% DL-метионина	88	96	91
Дрожжи L **	50	94	54
Дрожжи L+0,3% DL-метионина	91	95	96
Дрожжи кормовые	41	88	46
Дрожжи кормовые+0,3% DL-метионина	87	90	96
Коммерческий соевый протеин	42	100	42
Коммерческий соевый протеин+0,3% DL-метионина	64	99	65
Сухое снятое молоко	82	95	87
Сухое снятое молоко+0,3% DL-метионина	87	93	93
Сушеное яйцо (целиком)	90	100	90
Сушеное яйцо+0,3% DL-метионина	97	100	97

* Дрожжи (Grangemouth), культивируемые на л-алкалах.

** Дрожжи (Lavera), культивируемые на сырой нефти.

2.4. ПЛЕСЕНИ

Плесени относятся к низшим грибам и являются, как правило, сложными многоклеточными аэробными организмами, хорошо растущими на различных субстратах (отходах) при широкой вилке показателей pH, осмотического давления и температуры [7]. Они богаты витаминами группы B и содержат примерно 30—60% протеина. Содержание метионина и триптофана в протеине плесеней низкое.

В кормленческих опытах были испытаны плесени родов *Fusarium*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Aspergillus*.

Низшие грибы с целью получения белкового продукта, пригодного для кормления животных, обычно культивируют на питательной среде из пшеницы, картофельного гидролизата, меляссы или различных целлюлозосодержащих отходов. После многолетних усилий компании Rangs Novis Mc Dougal Ltd. удалось получить из крахмалистого сырья белок, образованный за счет жизнедеятельности низших грибов в процессе непрерывного производства. Полученный продукт можно использовать в виде порошка или гранулы, а также еще во влажном состоянии перерабатывать на заменитель мясных продуктов. Время генерации этой плесе-

ни в условиях непрерывной технологии составляет 2,5—3 часа. После высушивания получается порошок, содержащий 50% протеина с биологической ценностью примерно 75 и нетто использованием протеина (НИП) — 70%. Продукт характеризуется высокими переваримостью и усвояемостью лизина. При добавке метионина в количестве 0,2% биологическая ценность протеина повышалась с 70 до 95%. У крыс, длительное время получавших рацион, содержащий 20% такого протеина, каких-либо признаков токсикоза обнаружено не было.

В некоторых работах был обобщен опыт производства белка за счет низших грибов, растущих на сахарах в смеси с неорганическим азотом. Апробированы технологические методы производства семи типов мицеллярных белков на субстратах из меляссы, сахарной свеклы, картофеля, бататов, маниока, кукурузы и риса. Мицелий этих плесеней содержал 20% белка и более. В литературе встречается очень мало конкретных данных об использовании низших грибов в кормлении сельскохозяйственных животных. Правда, достаточно подробно описан состав мицелия *Aspergillus niger* [6; 42]. Указывается, что, помимо белка, растворимых углеводов и жиров, он содержит свободные аминокислоты, амиды, органические кислоты, витамины, пигменты, алкалоиды, ферменты, а также нигрин-антибиотик этой плесени.

При изучении влияния отходов мицелия *Aspergillus niger*, полученных при производстве лимонной кислоты, на коэффициент переваримости органических питательных веществ и баланс азота у петушков породы родайленд было установлено, что содержание в рационе 5—10% мицелия на данные показатели нужного влияния не оказывало [32]. Поэтому рекомендованная добавка может составлять не менее 10%. Хорошие результаты были получены при замене в рационе цыплят жмыхов мицелием, являющимся отходом производства пенициллина [31]. Им можно безболезненно заменять до 50% жмыхов I-го класса. Хотя в опытной группе прирост массы оказался несколько ниже, окончательный экономический эффект был значительным. Качество белка плесеней еще недостаточно хорошо изучено. В большинстве кормленческих опытов использовался мицелий *Aspergillus* и *Penicillium*. Качество этих белков было весьма посредственным. Однако, без всякого сомнения, низшие грибы представляют интересную и перспективную область для поисков новых кормовых источников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baranov C. A.: Moskva, 1964, s. 86.
2. Beker M. E.: Vvedenie v biotechnologii, Moskva, 1978.
3. Bernštejn A. P.—Asaul Z. N.: Fermentnaja i spirtovaja promyšlenost' 4, 1964, s. 35.
4. Calloway D.: PAG Guideline no. 2, 1970, s. 23.
5. Clement G.—Ciddey C.—Menzi R.: 1967.
6. Dyr J.: Kvasná chemie a technologie. SNTL, Praha, 1955.
7. Dabbah R.: Food Technol. 24, 1970, s. 659—666.
8. Enebo L.: Proposal to establish a Cooperation in Research Group aimed at studying the problem of preparing nutritional protein from Spirulina. Mimeographed, 1968.
9. Forster K.—Lecwenhock A.: Microbiol. Serol. 28, 24, 1963.
10. Glazačeva N. V.: Voprosy gidrobiologii. Moskva, 1965, s. 92.
11. Häggström L.: Biotech. Bioeng., 11, 1943.
12. Hanl W.—Dunlap C. E.: Food Technol. 25, 1971, s. 130—154.
13. Chaloupka J.: Sborník ze semináře České soc. spol. pro vědu, kulturu a politiku. Praha, 1972, s. 39—56.
14. Chapman W.: Food and Future. Union Brit. Columbia, Vancouver M. I., Horizons of Industrial Microbiology, 1967.
15. Kaserer H.: Landwirtschaft. Versuchs. Österreich. 8., 1905.
16. Kaufman B.—Nelson W.—Brown R.: Dairy Sci. 48, 1957, s. 847.
17. Kihlberg R.: Annual Rev. Microbiol. 26, 1972, s. 1602.
18. Lautner V.—Nevole J.: Živ. výroba 9, 1964, s. 513—520.
19. Meffert M. E.—Pabst, W.: Nutri. Diets. 5, 1963.
20. Michlin A. B.: Microbiol. 33, 1964, s. 210.
21. Mitsuda H.: Food Sci. a Technol., vo. 2, 1965, s. 529—539.
22. Muzaфаров A. M.: Uzbekskij biologičeskij Žurnal 1., s. 27.
23. Perkins M. B.: U. S. Pat. 3 355 296. Rep. Food, Technol. 22, 1968, s. 312.
24. Pokrovskij A. A.: Obzor, Moskva, 1971.
25. Pronczuk A.: Dzem. spoz, 24, 1970, s. 324—328.
26. Raymond R.—Davis J.: Appl. Microbiol. 8, 1960, s. 329.
27. Roberts L.: Nature 165, 1950, s. 454.
28. Roberts L.: Nature 172, 1953, s. 351.
29. Roberts L.: Brit. J. Nutr. 8, 1954, s. 353.
30. Salnikova M. J.: Svinovodstvo 6, 28, 1966.
31. Šatava M.: Sborník PRF VSŽ v Českých Budějovicích 2, 3, 1964.
32. Šterba A.—Holesinský P.—Kopecký J.: Biol. Chem. výž. zvířat, 4, 1968, s. 347—352.
33. Tamiy H.: Proc. World. Symp. Appl. Solar Eenergy. Arizona.
34. Tanaka H.: Canada Pat. 58, 1971, s. 870.
35. Theriault R. J.: Appl. Microbiol. 13, 1965, s. 402.
36. Waslien C.—Calloway D.—Margon S.—Costa F.: Nature 221, 1969, s. 84.
37. Webb F.: Symp. on Microbiol. Inst. of Petroleum, London.
38. Whittenbury R.: 1969, Proc. Biochem. 1, 1967, s. 51—56.
39. Wood R.: Preparing Nutritional Protein from Spirulina. Stockholm, June, 1968.
40. Zajíc E.: Developments in industrial Microbiology, 6, 1965, s. 16.
41. Zalačák V.—Babička J.—Chaloupka L.: Biol. chem. výž. zvířat 4, 1972, s. 279—285.
42. Žuravskij C. L.: Nauka, Moskva, 1953.

3. НЕФТЕХИМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Еще несколько лет тому назад казалось, что использование нефти в качестве сырья для производства микробного протеина (протеина одноклеточных) способно в короткий срок устранить или значительно уменьшить дефицит кормового белка. Разрабатывались планы строительства заводов производительностью 100 тыс. и более тонн белка ежегодно [20].

Однако планы оказались далеки от реального воплощения.

Во-первых, из-за нестабильных, быстро растущих цен на нефть, во-вторых, в регионах с наибольшим дефицитом белка (например, Индия), как правило, нет собственной нефти в достаточном количестве, а также свободных финансов для организации промышленного производства БО. Далее — человечество заинтересовано прежде всего в утилизации отходов, загрязняющих окружающую среду. Кроме того, повсеместно распространено мнение (чаще всего безосновательное) о вредных последствиях скармливания животным протеина одноклеточных, выращенных на углеводородном сырье.

Технология производства БО с использованием нефтехимического сырья имеет свои особенности: это аэробный непрерывный процесс, концентрация биомассы не превышает 3%, производительность установки зависит прежде всего от конструкции ферментера.

При производстве БО субстрат всегда обогащают минеральными веществами (главным образом, для увеличения содержания N и P). При использовании нефтехимического сырья вносят также Mg, Fe, некоторые микроэлементы, витамины, и стимуляторы роста (например, в форме дрожжевого экстракта или кукурузной вытяжки). Для поддержания оптимального pH следует добавлять щелочи (например, NH₄OH, которая при этом используется и как азотистая подкормка).

При использовании нефтехимического сырья можно точно рассчитать продуктивность процесса на основании известных факторов вытяжки и уравнений кинетики роста. Чрезвычайно эффективно применение методов математического

моделирования и оптимизации в предпроизводственной стадии [24].

Продуктивность оборудования объема V рассчитывается по уравнению:

$$M = V \cdot d \cdot X,$$

где M — продукция биомассы в час при скорости снижения d , а концентрация биомассы X составляет:

$$X = Y_s / S_0 - \frac{DK_s}{\mu_m - D},$$

где Y_s — фактор вытяжки (отношение массы образовавшейся биомассы к потребленному субстрату), S_0 — начальная концентрация субстрата, K_s — так называемая константа Михаэлиса, а μ_m — так называемая максимальная специфическая скорость роста. Если известны составы биомассы и субстрата (например, n -алканов), то можно рассчитать и необходимую интенсивность аэрации. Таким же в принципе образом можно рассчитать и концентрацию остаточного (непотребленного) субстрата.

Знание кинетики процесса позволяет делать все расчеты на ЭВМ.

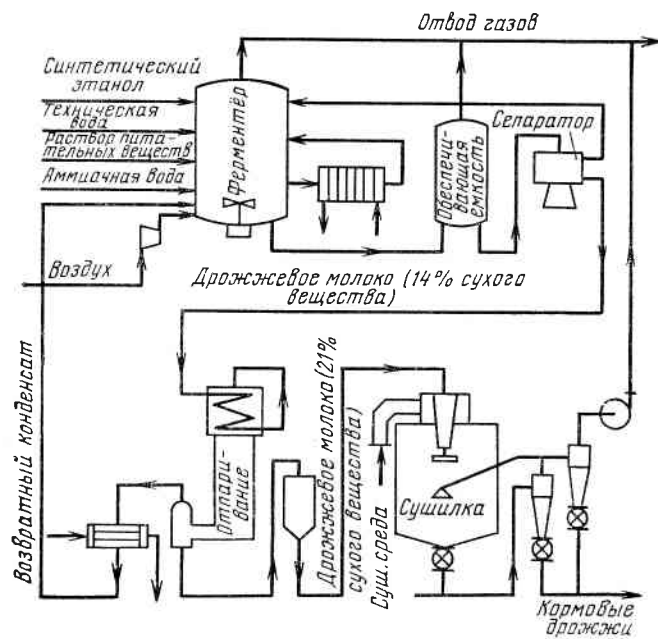


Рис. 1. Технологическая схема производства кормовых дрожжей из синтетического этанола.

Технологическая схема производства представлена на рисунке 1. Главным производственным оборудованием является ферментер, в который загружают водный раствор минеральных веществ и углеводородный субстрат. Даже когда культивирование не требует асептических условий, при аэрировании следует подавлять только профильтрованный воздух, ибо содержащиеся в нем, помимо микроорганизмов, нежелательные примеси (особенно липофильные) переходят в жидкую фазу, а затем в биомассу микроорганизмов. Это, по-видимому, является причиной появления поликонденсатных ароматических веществ в дрожжах, даже если они выработаны из очень чистого сырья. Фильтрация воздуха устраняет этот недостаток.

Перемешивание и аэрирование требует больших затрат энергии. Новейшие ферментеры потребляют примерно 0,45 кВтч на 1 кг O_2 , старого образца — гораздо больше. Ферментеры бывают двух типов: с механическим перемешиванием и без него. Ферментеры второго типа, как правило, менее производительны (по переносу кислорода), хотя с точки зрения потребления энергии, они более выгодны и требуют меньших капитальных затрат. Перемешивание, однако, необходимо для лучшей гомогенизации содержимого реактора, увеличения поступления кислорода, улучшения охлаждения.

Количество теплоты, выделяемой при росте биомассы (без учета теплоты, образуемой за счет перемешивания), составляет:

$$H = \frac{E_s}{Y} - E_x,$$

где E_s и E_x — энергетические постоянные субстрата и биомассы.

Они равны для сахаров — 17,6 кДж/г, углеводов — 47,7 кДж/г, биомассы — 17—19,7 кДж/г (дрожжи из n -алканов).

Кроме охладителей, ферментер должен быть оснащен оборудованием для обеспечения (добавка обеспенивающих веществ, а иногда гашение пены механическим путем, поддержание оптимального pH) приборами для измерения концентрации растворимого кислорода с анализатором содержания CO_2 и O_2 в газах, выходящих из ферментера.

Процесс культивирования является одноступенчатым, но при использовании алканов считается необходимым иметь в качестве дополнительного оборудования ферментер для «дозревания» биомассы, где производительно потребляется

часть углеводов, не использованных в главном ферментере [22].

Дальнейшая технологическая переработка зависит от типа сырья, организма-продуцента, а также целей использования биомассы (на корм животным, в питание человеку и т. д.).

На обычных центрифугах уровень сухого вещества в биомассе дрожжей повышают до 14—15%. Иногда после этого (в частности, при использовании дизельного топлива) ее промывают и снова центрифугируют. Затем сразу же или после термоллиза сушат (сушилками-распылителями). При использовании дизельного топлива сухую биомассу экстрагируют растворителями, устраняя тем самым ароматические углеводороды и большую часть липидов. Влажную биомассу можно экстрагировать растворителями, смешанными с водой,— это облегчает дальнейшую сушку.

При использовании в качестве организма-продуцента бактерий из-за маленьких размеров биомассу нельзя сгущать на обычных центрифугах. По мнению исследователей, центрифугированию должен предшествовать этап флотации, или флокуляции. На основании опубликованных данных трудно судить о результатах, достигнутых в этой области. Ввиду растущего стратегического значения белков существенные технологические детали засекречиваются, публикуется мало данных об экономической стороне производства. Из нефтехимического сырья практическое значение имеют:

- алканы (дизельное топливо, изолированные *n*-алканы);
- спирты (этанол, метанол);
- некоторые отходы нефтехимии (например, малеат);
- метан.

3.1. АЛКАНЫ

В качестве организмов-продуцентов БО используются дрожжи рода *Candida* или активные *Saccharomycopsis* [29; 1; 22; 17; 5; 6; 43]. Оптимальная температура культивирования для большинства штаммов составляет 33°C. Однако были изолированы и выращены термотолерантные штаммы, растущие при температуре более 40°C [30].

В СССР, Франции, ЧССР в качестве сырья (в опытных и производственных целях) используют как дизельное топливо, так и изолированные *n*-алканы высокой чистоты. Некоторые авторы по экономическим соображениям отдают

предпочтение дизельному топливу. Преимуществом чистых алканов является возможность комбинирования их с метаболитами при более простой технологии производства. Отпадает необходимость предварительной очистки дизельного топлива, упрощается процесс очистки биомассы, очистки и рециклизации водной фазы. По этим соображениям производство БО из чистых *n*-алканов (парафинов) экономически более выгодно, но, с другой стороны, эта технология требует создания крупных производственных мощностей в то время как при использовании в качестве сырья дизельного топлива можно обойтись меньшими капиталовложениями.

В обоих случаях организм-продуцент лучше использует *n*-алканы с цепочками C_{13} — C_{16} . По составу (и кормовой ценности) получаемый продукт подобен обычным кормовым дрожжам из углеводного сырья, но содержит жирные кислоты с непарным количеством атомов углерода. Хотя в опытах на животных не было установлено каких-либо неблагоприятных последствий, советские специалисты рекомендуют повышенную осторожность при использовании этих белковых концентратов [52; 42]. Необходимы также дальнейшие исследования по использованию животными жирных кислот с непарным числом атомов углерода.

При определенных методах экстракции остаточных углеводов и большей части липидов биомасса очищается и конечный продукт фактически не отличается от традиционного кормового белка.

По аминокислотному составу между обоими видами БО (дизельное топливо, *n*-алканы) различий практически нет.

Выход биомассы составляет 100—118 % от массы потребленного субстрата.

Даже при поддержании оптимального уровня pH (4—4,5) существует определенный риск бактериального заражения. Поэтому в производственных помещениях следует поддерживать условия достаточной микробиологической чистоты (стерилизация полов, стен, фильтрация воздуха), чтобы первоначальная культура не была вытеснена случайным патогенным контаминантом. С этой точки зрения следует в первую очередь использовать такие дрожжевые организмы, у которых нет патогенных вариантов.

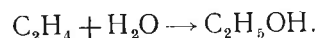
Биологическая ценность получаемого продукта высока. Из незаменимых аминокислот недостает лишь метионина. Результаты некоторых опытов свидетельствуют о возможности полной замены в рационах белков животного происхождения этой формой БО, обогащенного метионином.

3.2. АЛКОГОЛИ

Практический интерес представляют метанол и этанол. Ученые ставят перед собой задачу найти организмы, использующие и высшие спирты. Этанол является универсальным, отличным, но более дорогим сырьем.

3.2.1. ЭТАНОЛ

Этанол получают каталитической гидратацией этилена при 260—300°C и давлении 0,7 МПа.



Выход этанола составляет примерно 90%. Кроме этого, получается 1,5—1,6% этилэфира, 0,2—0,3% уксусного альдегида, остальное — высшие спирты, кетоны, эфиры. Из ингибиторов, помимо уксусного альдегида, образуется кетональдегид в концентрациях от тысячной до сотой доли процента. При непрерывной технологии производства БО упомянутые примеси процесс не нарушают и в расчет не принимаются [56]. Кроме того, существуют довольно простые методы очистки спирта. Сейчас практически весь этанол идет на производство синтетического каучука, однако после запланированного перехода этой отрасли на другое сырье освободятся и будут направлены в микробиологическую промышленность десятки тысяч тонн этанола.

Половину производственных затрат при выпуске БО составляет стоимость сырья. А так как она достаточно высока, то соответственно ей назначается и цена на БО. В большинстве стран, где данное производство реализовано или запланировано, считается, что такой продукт целесообразно использовать в основном для питания людей. В этом случае производство требует асептических условий.

Сам производственный процесс относительно прост [58]. Выход массы составляет 75%, продуктивная культура *C. utilis* не требует органического питания, кроме источника углерода. Очень важной является возможность рециркуляции водной фазы после сепарации клеток. На 1 т конечного продукта приходится примерно 3 м³ сточных вод при общей потребности в воде 35 м³. Затраты энергии на производство 1 т биомассы составляют 1500 кВт, а также 1,5 т пара и 13 ГДж * топлива на сушку.

* 1 ГДж (гигаджоуль) = 1 млрджоулей. — Прим. ред.

3.2.2. МЕТАНОЛ

Хотя по своим качествам метанол уступает этанолу как сырье для производства БО, но в будущем из-за своей низкой стоимости он несомненно получит в микробиологических отраслях самое широкое распространение. Хотя некоторые дрожжевые организмы и могут использовать метанол, лучше всего он соответствует потребностям бактерий.

В Англии имеется опыт промышленного производства БО из метанола на заводе мощностью 50—75 тыс. тонн годовой продукции в год (фирма ICI).

3.3. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Чрезвычайно заманчива организация производства метаболитов, при котором биомасса продуцента организма (другими словами, БО) является побочным продуктом.

Например, *Candida lipolytica* способна продуцировать лимонную кислоту из алканов с гораздо большей эффективностью, чем *Aspergillus niger* из сахаров при традиционном производстве. Подбирая нужный штамм (у которого нет каких-либо патогенных вариантов) и создавая оптимальные условия культивирования, можно получать лимонную кислоту и одновременно определенное количество биомассы [43; 44].

Производство лимонной кислоты из алканов выгодно еще потому, что основано на использовании несельскохозяйственного сырья. Безвредные соли лимонной кислоты могут заменять в стиральных порошках полифосфаты, которые на сегодняшний день являются главной причиной растущей эвтрофикации вод.

В каком направлении пойдет развитие этой области, предугадать трудно. Многие проекты и планы, предлагаемые всего лишь несколько лет назад, сейчас категорически отвергаются. Более того, приостанавливается уже существующее производство [2; 26]. И вместе с тем, по мнению многих ученых и практиков, у производства БО из нефтехимического сырья большое будущее.

ЛИТЕРАТУРА

1. A l a n i D.: Influence d'agents solubilisants sur la vitesse d'assimilation des hydrocarbures par les levures. Doktorská dizertačná práca, Inst. National des Sciences Appliquées de Toulouse, Mai, 1978.

2. Anon: Chemický průmysl, 29, 1979, s. 46.
3. Anon: Chemický průmysl, 28, 1978, s. 639.
4. Baranov C. A.: Upravení k kultivování mikrovodrostlej Moskva, 1964, s. 86.
5. Barlet A.—Holve W. A.—Meriel J.: Food Engng Int'l, Nov. 1978, s. 45—50.
6. Beljajev V. D.: Žur. vsesojuz. chim. ob-va im. Mendeleva, 1972, s. 482—487.
7. Berndt H.: Arch. Geschwulstforsch., 47, 1977, s. 259—271.
8. Bernštejn A. P.—Asaul Z. N.: Fermentnaja i spiritovaja promyšlenost, 4, 1964, s. 35.
9. Calloway D.: PAG Guideline no. 2, 1970, s. 23.
10. Clement G.—Ciddey C.—Menzi R.: J. Sci. Fd. Agric., 18, 1967, s. 497.
11. Cepigo S. V.: Žur. Vsesojuz. chim. Ob-va im. Mendeleva, 1972, s. 504—511.
12. Dyr J.: Kvasná chemie a technologie, SNTL, Praha, 1955.
13. Dabbah R.: Food Technol., 24, 1970, s. 659—666.
14. Forster J.—Leowenhoeck A.: I. Microbiol. Serol., 28, 1963, s. 24.
15. Glazačeva N. V.: Voprosy gidrobiologii, Moskva, 1965, s. 92.
16. Häggström L.: Biotech. Biogeng., 11, 1969, s. 1943.
17. Hal'ama D.: Ropa a uhlie, 14, 1972, s. 483—495.
18. Hal'ama D.: Integrácia krajín RVHP v poľnohospodárstve. SAKS, Bratislava 1978, s. 89—100.
19. Han I. W.—Dunlap C. E.: Food Technol, 25, 1971, s. 130—154.
20. Harrison J. S.: Process Biochemistry, 1967, s. 41—45.
21. Chaloupka J.: Sborník ze semináře České soc. spol. pro vědu, kulturu a politiku, Praha 1972, s. 39—56.
22. Champagnat A.: Proteins from hydrocarbons.
23. Chapman W.: Food and Future, Union Brit. Columbia, Vancouver.
24. Jarovenko V. L.—Rovinskij L. A.: Modelirovanije i optimalizacija mikrobiologičeskich processov spirtovogo proizvodstva. Piščevaja promyšlenost, Moskva, 1978.
25. Kaserer H.: 2. Landwirtschaft, Versuchs. Österreich., 8, 1905, s. 789.
26. Katoh K.: Single Cell Protein. Academic Press, London 1974, s. 223—232.
27. Kaufman B.—Nelson W.—Brown R.: Dairy Sci 1957, s. 847.
28. Kihlberg R.: Annual Rev. Microbiol., 26, 1972, s. 1602.
29. Krumphanzl, V.: Aplikace mikrobiálních pochodů v chemickém průmyslu, Doktorská dizertační práce, FPBT VŠChT, Praha, 1975.
30. Kvasnikov F. I.—Isakova D. M.: Fiziologija termotolerantnych mikroorganizmov. Nauka, Moskva, 1978.
31. Lautner V.—Nevoile J.: Živ. výroba 9, 1964, s. 513—520.
32. Lainé B. M.—DuChaffaut, J.: Gas Oil as substrate for SCP production. MIT Press, Massachusetts 1975, s. 424—437.
33. McLennan D. O.—Gow J. S.—Stringer D. A.: Process Biochemistry, June 1973, s. 22—24.
34. Meffert M. E.—Pabst W.: Nutrit Diets. 5, s. 235—254, 1963.
35. Michlin A. B.: Microbiol., 33, 1964, s. 210.
36. Mitsuda H.: Food Sci. a Technol., 2, 1965, s. 529—539.
37. Muzafarov A. M.: Uzbekskii biologičeskij žurnal 1, 1965, s. 27.
38. Perkins M. B.: U. S. Pat. 3 355 296. Rep. Food. Technol. 22, 1968, s. 312.
39. Pimentel D. et al.: Science 82, 1973, s. 443—449.
40. Pitts J. N.—Grosjean D.—Mischke T. M.: Toxicology Letters, 1, 1977, s. 65—70.
41. Pokrovskij A. A.: Obzor, Moskva, 1971.
42. Pokrovsky A.: Some results of SCP medico-biological investigations.
43. Považaj E.: Taxonomické a egenetické aspekty kvasinkovitých mikroorganizmov utlizujúcich n-alkány, Kand. Dizert. práca, ChTF SVŠT Bratislava, 1979.
44. Považaj M.—Hal'ama D.: Kvasný průmysl, 23, 1978, s. 174—176.
45. Prónczuk A.: Chem. spoz. 24, 1970, s. 324—328.
46. Raymond R.: —Davis J.: Appl. Microbiol. 8, 1960, s. 329.
47. Roberts L.: Nature, 165, 1950, s. 454.
48. Roberts L.: Nature, 172, 1953, s. 351.
49. Roberts L.: Brit. J. Nutr., 8, 1954, s. 353.
50. Salnikova M. J.: Svinovodstvo, 6, 1966, s. 28.
51. Shacklady C. A.: Response of livestock and poultry to SCP.
52. Shacklady C. A.: Value of SCP for animals. In: Tannebaum S. R.—Wang D. I. C. (Eds): Single Cell Protein II, MIT Press, Massachusetts 1975, s. 489—504.
53. Stála komisia RVHR pre chemický priemysel, materiály č. 14/28 zo 6. VI, 1974.
54. Steinhart C. E.—Steinhart J. S.: Science, 184, 1974, s. 307—316.
55. Šatava M.: Sborník PRF VSŽ v Českých Budějovicích 2, 3, 1964, s. 195.
56. Sestáková M.: Problematika inhibitorů při použití netradičních surovin pro produkci kvasničné biomasy. Kand. disert. práce FRBT VŠChT, Praha, 1978.
57. Šterba A.—Holešinský P.—Kopecký L.: Biol. Chem. výž. zvířat 4, 1968, s. 347—352.
58. Štros V.: Výroba kvasničných bílkovin ze syntetického etanolu. In: DNT «Výroba a spotřeba syntetického etanolu v ČSSR», Litvínov 28—29. 11. 1978, Sborník referátů.
59. Tamia H.: Proc. World. Symp. Appl. Solar Energy, Phoenix, Arizona, 1955.
60. Tanaka H.: Canada Pat., 870, 1971, s. 58.
61. Theriault R. J.: Appl. Microbiol, 13, 1965, s. 402.
62. Využití bílkovin pro lidskou výživu. Dům techniky ČVTS Praha, 1973.
63. Waslien C.—Calloway D.—Margon S.—Costa F.: Nature, 1969, 221, s. 84.
64. Wabb F.: Symp. on Microbiol. Inst. of Petroleum, London, 1967.
65. Whittenbury R.: Proc. Biochem. 1, 1969, s. 51—56.
66. Wood R.: Preparing Nutritional Protein from Spirulina, Stockholm, June, 1968.
67. Zajíc E.: Developments in industrial Microbiology, 6, 1965, s. 16.
68. Zalabák V.—Babička J.—Chaloupka L.: Biol. chem. výž. zvířat, 4, 1972, s. 279—285.
69. Žuravskij C. L.: Nauka Moskva, 1953.

4. ЛИГНИНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В процессе фотосинтеза на Земле образуется около $1,46 \times 10^9$ т биомассы, из которой примерно 40% образуют отходы и побочные продукты. Это, прежде всего, сельскохозяйственные побочные продукты (солома, кукурузные стебли и кочерыги, жмыхи, пленки, шелуха, корзинки подсолнухов и т. д.), промышленные отходы (опилки, древесная стружка, щепки, кора, сточные воды от производства хлопка и древесностружечных плит, отходы производства бумаги и т. д.), городские отходы.

По массе самыми значительными являются лигниноцеллюлозные отходы деревообрабатывающей промышленности.

Лигниноцеллюлозные материалы содержат примерно 70% углеводов, главным образом в форме целлюлозы и гемицеллюлозы, которые являются богатейшим источником энергии органического происхождения. Микробиальный распад целлюлозы и гемицеллюлозы при годовой продукции 85 млрд. тонн углерода имеет большое значение для сохранения равновесия кругооборота углерода на нашей планете.

Считается, что если бы микробиальный распад целлюлозы приостановился, то через 20 лет из-за недостатка углекислоты прекратился бы и фотосинтез.

Необработанные лигниноцеллюлозные материалы имеют низкую питательную ценность из-за твердой в физическом и инертной в химическом отношении клеточной стенки, в состав которой входит неперевариваемый лигнин. Лигнин в кормовом рационе является балластом, и кроме того, он образует барьер, предохраняющий целлюлозу от воздействия микроорганизмов. Питательная ценность, а следовательно, и использование лигниноцеллюлозных средств для кормления животных зависят от того, до какой степени удастся разрушить лигнин-полисахаридный комплекс и сделать сахаросодержащие вещества доступными для микробиального пищеварения.

4.1. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ЛИГНИНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ОТХОДОВ К СКАРМЛИВАНИЮ

Лигниноцеллюлозные отходы содержат различные полисахариды, которые концентрируются в опорных тканях растений. Полисахариды растений подразделяются на волокнистые и матричные.

Волокнистые полисахариды являются, как правило, кристаллическими микрофибриллами (канатиками), состоящими в основном из целлюлозы. Микрофибриллы соединены друг с другом водородными мостиками и уложены в матричных полисахаридах, таких, как лигнин и некоторые протеины.

Матричные полисахариды подразделяются на пектиновые вещества (галактураны, арабинаны, галактаны, арабиногалактаны) и гемицеллюлозы (ксиланы и глюкомананы).

Гемицеллюлозы хотя и вторично, но прочно связаны с целлюлозой. Лигнин связан с полисахаридами и, по-видимому, ковалентной связью с гемицеллюлозой, препятствуя таким образом ферментативному гидролизу полисахаридов.

Растительная клетка дерева или соломы имеет первичную и вторичную оболочку. Первичная оболочка состоит из немногочисленных неупорядоченных микрофибрилл из целлюлозы и большого количества нецеллюлозных частиц. Вторичная оболочка состоит из нескольких слоев с раздельной фибриллярной структурой, образующихся при разложении целлюлозных и гемицеллюлозных молекул.

На стадии роста клетки идет интенсивное образование лигнина, который откладывается вначале в первичной, а затем и во вторичной оболочке.

Ученые установили взаимосвязь между переваримостью *in vitro* различных целлюлозных материалов (образцов) и их «индексом кристаллизации», рассчитанными рентгеноспектрометрическим методом. Переваримость уменьшается прямо пропорционально росту кристаллизации.

В начале сороковых годов нашего века рентгенооптическим методом удалось определить обратно пропорциональную зависимость между уровнем кристаллической целлюлозы и адсорбцией йода, обработанной концентрированным NaOH целлюлозой с последующей ее промывкой. Однако при механическом сжатии (повреждении) целлюлозных волокон мембраны кристаллической целлюлозы частич-

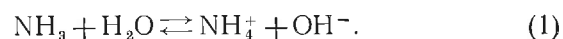
но разрушаются, при этом освобождаются соседние валентности и адсорбция йода повышается. Вместе с тем если после размятия образцы увлажняют и высушивают, то целлюлозные волокна не будут характеризоваться повышенной адсорбцией йода. Аморфная часть целлюлозы после влажной обработки вновь переходит в кристаллическое состояние. Давно известно, что микроорганизмы для своего роста используют в первую очередь размятые целлюлозные волокна. При жевании растительная целлюлоза размягчается (разрушается), в ней повышается доля аморфных частиц, а значит, и переваримость.

Существуют два основных способа повышения переваримости деревянистых растительных материалов:

1) при воздействии растворов сильных щелочей разрушаются гомополярные связи лигнина с целлюлозой или гемицеллюлозой;

2) при прессовании (сжатии) с одновременной обработкой щелочами структура целлюлозы становится аморфной, а водородные мостики частично разрушаются. В результате такой обработки межфибриллярные полости значительно расширяются.

Типичной субстанцией, разрушающей водородные связи, являются NH_3 , который легко проникает в межфибриллярные полости растительных клеток (особенно при повышенном давлении). Вода, содержащаяся в клетках, способствует его диссоциации с образованием катионов NH_4^+ .



Константа диссоциации аммиака равна:

$$K = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 1,75 \cdot 10^{-5} \quad (2)$$

Это значит, что 0,1 молярный водный раствор аммиака диссоциирует при комнатной температуре только на 1% (в то время как раствор NaOH такой же концентрации диссоциирует практически полностью).

Межмолекулярные, как и внутримолекулярные связи водородных мостиков, можно разрушить с помощью избыточных катионов (в данном случае NH_4^+). Если 1 мг соломы содержит примерно 0,4 мг целлюлозы, то это будет соответствовать $1,5 \cdot 10^{18}$ молекулам глюкозы. Под притоком NH_3 один катион NH_4^+ может разрушить пятьсот связей

водородных мостиков. Нейтрализованные NH_4^+ сдвигают равновесие реакции (1) в сторону диссоциации NH_3 и образования новых катионов.

4.2. ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СОЛОМЫ

4.2.1. ОБРАБОТКА СОЛОМЫ РАСТВОРОМ ЩЕЛОЧИ

Первые опыты по обработке соломы раствором NaOH с целью увеличения ее переваримости были поставлены еще в конце прошлого века. Полученные результаты приведены в таблице 8.

Таблица 8. Переваримость овсяной соломы и пшеничной полумы после обработки 4%-ным NaOH (Гонкамп; Леманн)

	Сухое вещество, %		Сырая клетчатка, %	
	до обработки	после обработки	до обработки	после обработки
Овсяная солома	37	63	42	72
Пшеничная полума	26	56	37	83

Позже стали использовать раствор NaOH более высокой концентрации с последующей отмывкой щелочи. Фергюсон обрабатывал соломенную резку следующим образом: солому замачивали при 10—15°C в 10-кратном количестве 1,5-ного раствора NaOH на 22 ч, затем вынимали ее из раствора и через 30 мин промывали водой. Состав соломы до и после такой обработки представлен в таблице 9.

Таблица 9. Состав соломы (в % от сухого вещества) до и после обработки по методу Фергюсона

Компоненты	До обработки	После обработки
Целлюлоза	35,3	43,8
Пентозаны	18,9	20,1
Лигнин	15,1	13,6
Фурфурол	5,7	6,6
Другие сахараиды	13,7	5,8
Протеин	2,8	2,0
Жир	1,0	1,1
Зола	7,5	6,9

Переваримость органического вещества после обработки повысилась с 62,1 до 86,7%, а пентозанов — с 63,2% до 89,7%.

Группой ученых под руководством Донифера (1969) были поставлены опыты по изучению переваримости соломы *id vitro*, обработанной NaOH. Переваримость целлюлозы в необработанной соломе составляла 25%. После обработки растворами NaOH различной концентрации она достигала максимум 81%. Было установлено, что наивысшая переваримость достигалась при использовании вовсе не максимальной концентрации NaOH. Избыточную щелочь нейтрализовали уксусной кислотой, и по-видимому, на конечный результат оказывали действие образующиеся соли.

В этих же опытах после обработки соломы NaOH ее гранулировали. На 100 кг овсяной соломы использовали 8 кг NaOH (60 л раствора). По прошествии 24 ч ее нейтрализовали уксусной кислотой (рН 6), сушили на воздухе и гранулировали. Переваримость органических веществ значительно улучшалась.

Бергнер и Мариенбург (1972) на 100 кг соломенной резки использовали 10 кг раствора, содержащего 1,2 кг NaOH, 0,3 кг Na_2CO_3 и 0,08 кг Na_2SO_4 , подавая его непосредственно в гранулятор. Переваримость органического вещества гранул была на 20% выше, чем без добавления раствора.

Вейсбах и Прим (1978) добавляли прямо в гранулятор к 100 кг ржаной или пшеничной соломы 0,8—5,1 кг NaOH. Данные о переваримости органического вещества таких гранул, полученные в опытах на овцах, приведены в таблице 10.

Было установлено, что при обработке соломы мочевиной без добавления NaOH переваримость гранулированной пшеничной соломы на 14,1% превысила этот показатель у гранулированной ржаной соломы. Температура пшеничной соломы в процессе гранулирования достигала 90°C, что способствовало распаду мочевины. У ржаной соломы температура была значительно ниже, что резко снижало результативность обработки ее мочевиной.

Войт и Пятковский (1974) в балансовых опытах скормливали дойным коровам пшеничную солому, обработанную 6%-ным NaOH. Таким образом, коровы получали ежедневно по 103 г Na в расчете на одну голову. Большая часть натрия выводилась из организма с мочой (0,54 г на 100 мл мочи). Количество выделяемой мочи у коров опыт-

Таблица 10. Переваримость органического вещества гранул из соломы с добавкой NaOH

кг NaOH на 100 кг пшеничной соломы	Перевари- мость, %	кг NaOH на 100 кг ржаной соломы	Перевари- мость, %
0,0 (негранулированная)	45,6	0,0 (негранулированная)	45,5
0,0 (гранулированная)	42,0	0,0 (гранулированная)	48,9
0,8 (гранулированная)	47,6	0,8 (гранулированная)	54,8
1,5 (гранулированная)	47,8	1,5 (гранулированная)	56,8
2,3 (гранулированная)	51,1	2,3 (гранулированная)	62,0
3,0 (гранулированная)	50,3	2,9 (гранулированная)	64,0
3,7 (гранулированная)	54,0	3,9 (гранулированная)	65,4
4,1 (гранулированная)	55,1	5,1 (гранулированная)	68,6

ной группы по сравнению с контрольными было примерно в три раза больше.

В опытах по изучению переваримости Пятковский (1973) обнаружил, что при обработке ячменной соломы 6%-ным раствором NaOH методом опрыскивания (6 кг 6%-ного раствора NaOH на 100 кг соломы) переваримость сухого вещества повышалась с 54 до 66%, сырой клетчатки — с 60 до 81%, сырой целлюлозы — с 65 до 82%.

Многочисленные аналогичные опыты других ученых, в сущности, подтверждают эти результаты.

4.2.2. ОБРАБОТКА СОЛОМЫ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, КИСЛОТАМИ И КОМБИНИРОВАННЫМИ МЕТОДАМИ

Обработка соломы $\text{Ca}(\text{OH})_2$, согласно различным источникам, требует дальнейших исследований. Однозначно отозваться об этом методе не представляется возможным, так как в большинстве случаев его результаты экономически не компенсируют затраты на технологическую обработку.

Многие ученые пробовали обрабатывать солому ClO_2 , растворами Na_2SO_3 , H_2SO_4 , карбидной и другими щелочами, прибегали к биологической ферментации. Во всех случаях питательная ценность корма повышалась, но до сих пор ни один из этих методов широкого практического распространения не получил.

4.2.3. ОБРАБОТКА СОЛОМЫ АММИАКОМ

Зарем (1959) использовал 25%-ную аммиачную воду для обработки соломы в ямах (120 л на 1 т). Лагута (1961) установил, что переваримость целлюлозы соломы после обработки ее аммиачной водой повышается с 56,9 до 63,3%.

Семякина (1968) выдерживала ржаную солому в 15%-ном растворе NH_3 (1,5 л на 1 кг соломы) при комнатной температуре в течение 15 дней. В результате уровень лигнина снижался на 16%, целлюлозы — на 12, гекозанов — на 7%. Следовательно, щелочные растворы NH_3 могут и при комнатной температуре гидролизовать полимерные сахара, в частности лигнин.

Обработкой соломы аммиачной водой можно повысить ее питательную ценность до уровня сена среднего качества. Мартынов (1972) обрабатывал солому газообразным аммиаком в течение 50—60 мин, а затем пять дней выдерживал ее без доступа воздуха. В результате уровень протеина возрос на 91%, повысилась переваримость органического вещества, сырой клетчатки и БЭВ.

Существует несколько способов обработки соломы аммиаком непосредственно в ходе гранулирования. Например, при использовании 2—3% кислого углекислого аммония (NH_4HCO_3) последний при температуре 60°C разлагается на NH_3 , CO_2 и H_2O , создавая активную среду, воздействующую на солому.

Значительного разрушения лигнина и полимерных сахаров можно достигнуть при комнатной температуре (20°C) и длительной выдержке (5 дней) соломы под аммиаком. Однако следует учитывать, что повышение температуры на каждые 10° в три раза увеличивает скорость реакции.

Таким образом, гранулирование в присутствии аммиака при температуре 110°C вызывает в соломе такие же химические изменения, как и при пятидневной обработке NH_3 при комнатной температуре.

Если пшеничную солому обработать мочевиной при температуре 150°C (в грануляторе), то уровень лигнина в сухом веществе понизится с 17,4 до 11,2%, сырой целлюлозы — с 45,8 до 29,4, пентозанов — с 21,3 до 15,4, питательная ценность соломы повысится на 33%. На практике при обработке соломы аммиаком в грануляторе питательная ценность корма увеличивается на 15—20%. При данной технологии целесообразно использовать не жидкий и газообразный аммиак, а твердые вещества (мочевина NH_2HCO_2),

при разложении которых NH_3 и CO_2 освобождаются в газообразной форме непосредственно в грануляторе (при соответствующей температуре). В таком случае потеря ценных веществ резко сокращается.

Для обработки соломы наиболее эффективным считается сочетание добавки 2—3% мочевины с 2% NH_4HCO_3 .

При длительном хранении наступает регенерация связей водородных мостиков и качество гранул ухудшается. При соблюдении всех правил аммонизации можно получать гранулы, пригодные для откармливаемых бычков и высокопродуктивных коров (годовой удой 5000 кг молока) в качестве единственного источника объемистого корма. Обработка в грануляторе соломы аммиаком не только повышает на 20% ее энергетическую ценность, но и дает возможность включать в рационы высокопродуктивных коров в 7 раз больше такой соломы по сравнению с необработанной.

4.3. ДРЕВЕСНЫЕ ОТХОДЫ

Отходы составляют до 20% от всей используемой древесины. Они скапливаются на предприятиях деревообрабатывающей промышленности и до сих пор используются лишь в незначительной степени. На рисунке 2 представлена схема основных способов переработки дерева и побочных продуктов [53].

ЧССР по запасам древесины занимает одно из первых мест среди европейских государств (наряду с СССР, Австрией, Швейцарией). В результате рациональной народнохозяйственной политики площадь лесных угодий в ЧССР в последние годы постоянно увеличивается при неуклонном росте заготовок древесины [20]. Интересные данные на этот счет приведены в таблице 11.

Таблица 11. Заготовка древесины (тыс. м³) в ЧССР

Древесина	1970	1975	1980	1985	1990
Хвойные	10 777	11 785	12 793	13 317	13 842
Лиственные	3 929	4 083	4 237	4 293	4 350
Всего	14 706	15 868	17 610	17 610	18 192

Видовой состав используемых лиственных деревьев весьма разнообразен. Это дуб, бук, граб, осина, клен, бере-

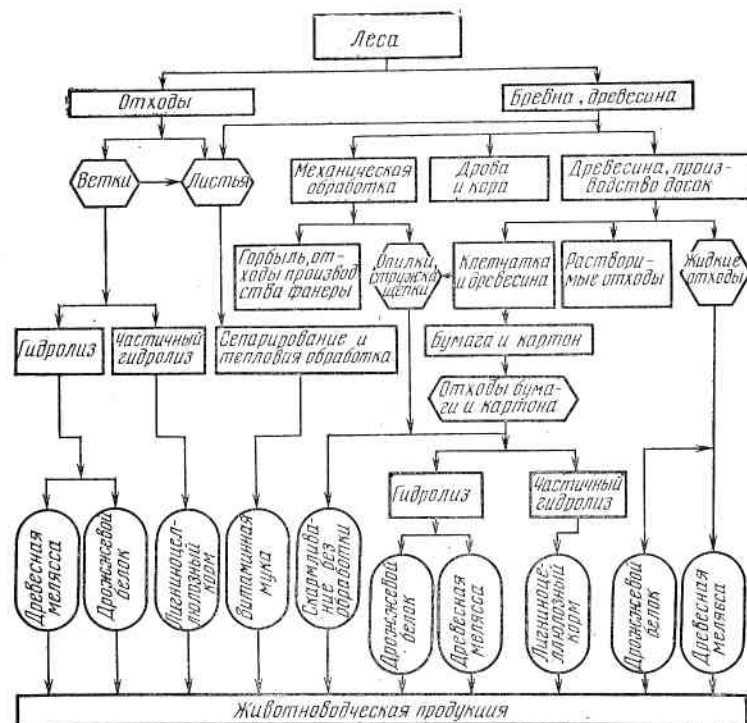


Рис. 2. Основные методы переработки древесных отходов в кормовые средства.

за, липа и др. Ежегодные отходы лесопильной и деревообрабатывающей промышленности в ЧССР исчисляются миллионами кубометров (табл. 12).

Древесина в основном состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Содержание целлюлозы достигает 50%. Линейные цепочки ее химически гомогенны.

Гемицеллюлозы представляют собой линейные, в большинстве случаев мало разветвленные полисахариды. При комплексном гидролизе гемицеллюлозы получают D-глюкозу, D-ксилозу, D-манозу, D-галактозу, L-арабинозу и некоторые уоновые кислоты. Древесина содержит 20—35% гемицеллюлозы, причем ее содержание выше у лиственных деревьев.

Лигнин составляет 15—35% древесины. Он откладывается в основном в межклеточном веществе, инкрустирует

Таблица 12. Древесные отходы в ЧССР (тыс. м³)

Этап переработки	Вид отходов	1970	1975	1980	1985	1990
Лесоповал	Кора	1307	1391	1505	1618	1675
	Древесные отходы	2342	2513	2711	2909	3008
	Листья (тыс. тонн)	2183	2311	2518	2723	2830
Деревообрабатывающая промышленность	Кора	597	691	782	804	841
	Опилки, сучья	975	1110	1158	1120	819
	Другие древесные отходы	1067	1283	1535	1769	2065
	Жидкие отходы					
Целлюлозно-бумажная промышленность	Кора	269	364	382	568	762
	Опилки, щепки	75	102	110	164	220
	Лыко и другие древесные отходы	75	102	107	159	213
	Волокна	22	30	34	51	72
	Жидкие отходы	600	825	927	1286	1725

полисахариды, с которыми соединен химически. Лигнин образован из фенолпропановых соединений (в алифатической части молекулы: —ОН, —ОСН₃, СО и др.). Хвойные деревья богаче лигнином, чем лиственные [14].

Кроме того, в древесине содержатся неорганические и органические вещества. К последним относятся:

1) сахара (небольшое количество крахмала, пектины и другие полисахариды, растворимые в воде, некоторые моносахариды, глюкозиды);

2) фенолы (танины, флавоноиды, стильбены, лигнаны и трополоны). Находятся в основном в коре и древесине некоторых лиственных (дуб).

3) терпены (состоят из летучих веществ и органических кислот). Хвойные деревья содержат до 5% веществ типа терпенов, тогда как в лиственных деревьях их очень мало.

4) ациклические кислоты (высшие жирные кислоты, содержатся во всех видах древесины в основном в виде эфиров);

5) алкоголи (представлены ациклическими алкоголями и крахмалами);

6) белки (содержатся в основном в молодых побегах). Взрослое дерево содержит примерно 1% белка.

Химический состав древесных отходов зависит от породы дерева и его возраста. Эти отходы представляют собой вещества с высокой энергетической ценностью. Химический состав некоторых пород деревьев представлен в таблице 13.

Таблица 13. Химический состав (%) некоторых пород деревьев

Порода	Глюкоза	Мальта	Галактан	Ксилан	Арабиан	Ангидрид уксусной кислоты	Ацетил	Лигнин
<i>Лиственные</i>								
Осина	57,3	2,3	0,8	16,0	0,4	3,3	3,4	16,3
Бук	47,5	2,1	1,2	17,5	0,5	4,8	3,9	22,1
Береза	44,7	1,5	0,6	24,6	0,5	4,6	4,4	18,9
<i>Хвойные</i>								
Пихта	46,5	11,6	1,2	6,8	1,6	3,6	1,3	27,1
Ель	43,5	10,8	4,8	2,2	2,7	2,8	0,8	31,5
Сосна	44,5	10,6	2,5	6,3	1,2	4,0	1,3	29,3

Очевидно, в древесине в результате большой продолжительности жизни деревьев соединение лигнина с полисахаридами посредством гомополярных связей значительно прочнее, чем например, в соломе. В дереве межфибриллярные полости в значительной мере заполнены лигнином, что существенно снижает активность целлюлаз. Освобождения водородных связей в присутствии катионов недостаточно для расширения межфибриллярных полостей, необходимых для воздействия целлюлаз. За счет интенсивной щелочной обработки, в результате которой освобождаются гомополярные связи и разлагается лигнин, можно повысить переваримость данного материала.

4.4. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Высокое содержание целлюлозы в древесине издавна привлекало внимание ученых, работающих в области кормления сельскохозяйственных животных. В начале двадцатых годов нашего века были поставлены первые опыты по изучению возможности скармливания древесных материалов жвачным. Было установлено, что микроорганизмы рубца способны в анаэробных условиях разлагать целлюлозу с образованием кислот и газов. Затем обнаружилось, что целлюлоза может быть разложена и в аэробных условиях. Эти открытия послужили базой для определенного прогресса в области кормления жвачных. Первые сообщения о скар-

мливании опилок сельскохозяйственным животным появились в США. В 1920 г. был приготовлен древесной гидролизат, который после нейтрализации, сгущения и перемешивания с негидролизованными древесными отходами скармливали овцам и коровам [51; 41]. В период второй мировой войны в условиях острого дефицита кормов опыты по скармливанию древесных отходов проводились в некоторых скандинавских странах [23; 42]. Благодаря усилиям многочисленного отряда ученых разных стран в итоге были познаны основные механизмы ферментации лигниноцеллюлозных материалов [77; 69; 53].

Опыты по использованию необработанных древесных материалов в качестве объемистого корма ставили многие исследователи [1; 63; 25; 19; 62; 22]. Был сделан вывод, что, несмотря на определенные возможности использовать небольшие порции некоторых видов древесных материалов в необработанном виде, в частности в сочетании с концентратами, степень использования микроорганизмами питательных веществ этих материалов очень низка. Поэтому в последние годы ставили многочисленные опыты по разрушению в древесине лигнино-сахаридных комплексов различными физическими, химическими и биологическими методами.

Физические методы

Размол. Установлено, что переваримость осиновой и дубовой древесины *in vitro* с предварительным размалыванием быстро увеличивается в соответствии со временем размола. Когда время размола превышает 30 мин, дальнейшее повышение переваримости замедляется [7]. Переваримость рубцовым соком осиновой и дубовой древесины после 240-минутного перемалывания составляет 80 и 67% соответственно. После ферментативной затравки из осины было получено 10% глюкозы. Из дуба глюкозы получено не было. Однако в опытах *in vivo* показатели переваримости перемолотых материалов значительно снижаются. Причина этого, по-видимому, кратковременность пребывания древесных материалов в преджелудках. Размол является достаточно дорогим способом подготовки древесных отходов к скармливанию.

Облучение. Электронное облучение разрушает структуру дерева, переводя соединения нерастворимых углеводов в формы, доступные для микроорганизмов рубца. Для разрушения полимерных связей требуется довольно высокая доза облучения. Оптимальная доза составляет 10^5 — 10^6 рад. [44; 41]. Этим способом удалось повысить перева-

римось осинової деревини *in vitro*, однак вплив облучення на осинове дерево оказалось мінімальним. При максимальній дозі облучення переваримість його достигала всього лише 14%. Из-за високої дози облучення, необхідної для руйнування структури деревини, даний метод на практиці не застосовується.

Гидротермическая обработка. Суть цього способу заключається в нагріванні опилок до температури 180°C в середі, насиченій водними парами, і відповідному тиску. Переваримість осинової стружки після утримання її в запарнику в течение 1,5—2 годин при температурі 160—170°C і тиску 0,7—0,8 МПа достигала переваримості сена середнього якості [12]. Цей метод був удосконалений і введений в промислове виробництво фірмою Stake Technology Ltd. (Канада). По цій технології сирі деревні опилки або стружка піддаються неперервної інтенсивної обробці при високих температурах і тиску. Отримується коричнева фіброзна маса, що містить приблизно 50% сухої речовини і 1,5—2% білка. Переваримість її складає 50—65% в залежності від виду використовуваної деревини. Продукт охотно поїдається, добре переварюється і може складати до 80% раціону тварин. Він дуже нагадує силос або сенаж, має кислую реакцію (рН 3, 5), абсолютно нетоксичен. Технологія передбачає використання в якості сировини тільки тверду деревину. В ході приготування продукт іноді багатіють азотом за допомогою газообразного аміаку.

В СССР учені гидротермічної обробкою букової деревини підвищували її переваримість *in vitro* до 56% [2]. В дослідах на овцях даний показник склав 55%, підтвердив таким чином, лабораторні дослідження [84].

Химические методы

Кислый гидролиз. Цей метод заключається в впливі на деревний матеріал кислотами низької концентрації при підвищеному тиску. По різних джерелам, переваримість деревини коливалася від 32% до 60% після обробки її даним способом в течение 40—60 с при тиску 4,2 МПа [17, 38].

В США і Канаді найбільш розповсюджені два способи обробки деревних матеріалів з допомогою кислотного гідролізу.

Перший, так називаний «Jelks process», представляє собою кислотний гідроліз деревини під тиском з

окислюванням і каталізом. При цьому отримується полідисперсний волокно, що містить низькомолекулярні сполучення. Продукт добре поїдається і може скармлюватися тваринам в великих кількостях. Економічні показники цього методу фірмою не розкриваються.

Второй спосіб, «Groves process» використовується для обробки м'якої деревини 1%-ної серної кислотою. Деревину варять в H_2SO_4 в течение 15 хв. При цьому утворюється темна маса з високим вмістом води і запахом меліси. Цей корм був випробований на досвідч. станції Kamloops Research Station В. С. (Канада) на телках. Суточний приrost маси склав більше 900 г на одну голову [10].

Щелочной гидролиз. Одним з найбільш часто використовуваних хімічних засобів при обробці лігніноцелюлозних матеріалів є NaOH. Основуючим в цій області слід вважати метод Бекмана. При допомозі 6% NaOH переваримість тополиної і осинової деревини *in vitro* була підвищена до рівня сена середнього якості [80]. В дослідах на козах переваримість осинової деревини, обробленої едким натрієм, склала 52% [48]. Переваримість пихтової і елової деревини після обробки щелочью достигала лише 1—2%. При обробці букового дерева 4% NaOH переваримість його *in vitro* була 26%.

Обработка аммиаком. Чрезвычайно ефективна обробка деревних відходів рідким безводним або газообразним аміаком. Таким способом удалось довести переваримість осинових опилок *in vitro* до 50% [7]. Вміст сирового протеїну підвищився з 0,5% у необробленого дерева до 9% після обробки. Однак переваримість пихтового і букового дерева після обробки їх аміаком підвищувалася лише на 2 і 7—10% відповідно.

Обработка SO_2 . Двохгодинне вплив SO_2 на тверду деревину і трьохгодинне — на м'якую при 120°C підвищує переваримість твердого дерева *in vitro* на 60—65%, що відповідає показникам сена хорошого якості. У м'якої деревини переваримість в результаті досліду оказалась еквівалентною сену низького якості. SO_2 деполімеризує лігнін на розчинимі продукти і знижує його вміст в твердій деревині на 5—9% [7].

Крім згаданих методів, для обробки лігніноцелюлозних матеріалів з різною ступенню ефективності використовуються і багато інших хімічних засобів (HNO_3 , Na_2SO_3 і т. д.). Хороші результати були досягнуті при

обработке буковых опилок Na_2SO_3 в комбинации с гидротермическим воздействием [2]. Переваримость *in vitro* достигала 80%. Однако эти данные не подтвердились в опытах *in vivo* [83].

Биологические методы

Биологические методы обработки лигниноцеллюлозных материалов являются в последние годы предметом интенсивных исследований. Существует несколько основных способов биологической обработки [47].

Ферментативный гидролиз целлюлозы и гемицеллюлозы на ферментируемые сахара, служащие субстратом для культивирования одноклеточных микроорганизмов. Сюда относится способ производства дрожжевого белка (*Candida utilis*), Pekilo process, разработанный в Финляндии, суть которого заключается в культивировании на сульфитных щелоках плесени *Pecilomyces varioti*, использующей для своего роста гексозы, пентозы и органические кислоты.

Прямое культивирование целлюлозолитических организмов (*Cellulomonas*) на целлюлозных материалах.

Продукция белка одноклеточных на отходах, находящихся уже в гидролизованной форме.

Частичный гидролиз целлюлозных материалов с целью повышения их переваримости.

В последние годы в Швейцарии был разработан метод непрерывного гидролиза и ферментирования в едином технологическом оборудовании. Процесс протекает при участии гриба *Sporotrichum pulverulentum*, который для своего роста наряду с моносахаридами и олигосахаридами использует и твердые лигниноцеллюлозные частицы [26].

В этой связи можно упомянуть и о разложении лигниноцеллюлозных материалов с помощью грибов *Polyporus*, которые вызывают так называемую белую гниль дерева. При этом разрушается не только лигнин, но и сахаридные соединения дерева. Грибы *Polyporus* выделяют ферменты лаказу и пероксидазу, которые способны разлагать и чистый лигнин [40].

К твердым древесным отходам причисляют и кору, которая составляет 15% дерева. Она содержит больше экстрактивных веществ, лигнина и золы, но меньше целлюлозы, чем другие древесные материалы, поэтому кора требует специфических методов обработки. Это снижает возможность ее использования в качестве корма. Тем не менее были проведены многочисленные опыты по изучению питательной ценности коры.

Переваримость коры ясеня, береста (ильма) и липы составляла *in vitro* 25—45% [49]. Переваримость осинового коры в объемистом рационе достигала 50% [48]. Было установлено, что осинная кора содержит 36% переваримых питательных веществ 2—3% сырого протеина [27]. Наиболее целесообразным считается использование коры для улучшения почв и производства органических удобрений [2]. Однако в экстремальных условиях кора некоторых деревьев может служить временным вспомогательным кормовым средством.

4.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ

При химической и механической переработке древесины образуются сточные воды, содержащие значительное количество сахаридов. При производстве целлюлозы сульфитным способом образуются отходы, которые на протяжении вот уже 50 лет используются для производства дрожжевого белка.

Непосредственное скормливание сульфитных щелоков показало, что содержание их в рационе более 6% вызывает снижение прироста массы у животных. Поэтому сульфитные вытяжки (50% сухого вещества) рекомендуются как склеивающий материал при производстве гранулированных кормов на уровне, не превышающем 5% [72; 73]. Это составит 50 г сухого вещества вытяжки на 1 т сухого вещества рациона. В настоящее время в ЧССР таким образом используется около 8000 тонн сульфитных вытяжек ежегодно.

При сульфитном способе производства целлюлозы из букового дерева образуется гидролизат, который представляет собой полидисперсный коллоидный раствор экстрагируемых и растворимых в воде частиц дерева. Сюда же входят продукты их деструкции и конденсаты. На заводе во Вранове ежегодно образуется примерно 75000 м³ такого гидролизата. Доводя содержание сухих веществ в нем до 55%, получают субстрат, подобный свекольной мелассе и состоящий главным образом из растворимых и гидролизуемых гемицеллюлоз бука, которые, в свою очередь, содержат большое количество ксилозы (ксилоцель). Состав, ксилоцеля, производимого во Вранове, приведен в таблице 14.

Таблица 14. Содержание сахаридов (%) в сухом веществе ксилоцеля

Сахариды	Содержание	Сахариды	Содержание
D-рамноза	0,59	D-манноза	1,09
L-арабиноза	1,60	D-галактоза	1,38
D-ксилоза	23,10	D-глюкоза	1,30

При эффективном использовании всех сточных вод можно было бы получать ежегодно примерно 11000 т ксилоцеля с уровнем сухого вещества 55%. Ксилоцель более дешев по сравнению с конденсированными сульфитными вытяжками.

При производстве древесностружечных плит (ДСП) образуются сточные воды, содержащие значительное количество древесных сахаров. В Словакии (Банска Быстрица) для производства ДСП используют пихтовое, еловое и сосновое сырье. Стружки распаривают в дефибраторе в присутствии насыщенных водяных паров под давлением 0,9—1,2 МПа. Этот процесс характеризуется определенными химическими изменениями сырья, прежде всего гидролизом. При этом гидролизуются полисахариды из группы гемицеллюлоз легко расщепляются и переходят в сточные воды, из которых можно получать древесную меляссу, пригодную на корм животным [16]. Содержание сахаридов в древесной меляссе приводится в таблице 15.

Таблица 15. Содержание сахаридов (%) в сухом веществе древесной меляссы

Сахариды	Содержание	Сахариды	Содержание
Сахариды, всего	59,02—61,70	D-манноза	22,56—26,02
D-галактоза	6,36—10,82	L-арабиноза	6,80—10,68
D-глюкоза	12,11—13,30	D-ксилоза	5,88—7,70

При эффективном использовании всех сточных вод (Банска Быстрица) можно было бы получать ежегодно примерно 6000 т древесной меляссы, содержащей 50% сухого вещества.

В США компания Masonit производит концентрированный гемицеллюлозный экстракт от отходов, образующихся при производстве обоев. Он носит название Masonex и выпускается в жидкой и порошкообразной форме с содержанием растворимых углеводов 55 и 84% соответственно [74].

В мире производится большое количество различных сахаридных сиропов от отходов лигниноцеллюлозных материалов. Они используются в кормлении жвачных в качестве ценного энергетического средства. Питательная ценность сиропов, приготовленных из древесины, приближается к соответствующим показателям меляссы из сахарного тростника или свеклы. Мелясса из тростника содержит 53,9—60,5%, мелясса из цитрусовых — 50, древесная мелясса — 50,5, а масонекс — 50,4% переваримых питательных веществ.

4.6. ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Как потенциальное кормовое средство древесные отходы богаты энергией, так как содержат большое количество сахаридов, в основном в форме целлюлозы и гемицеллюлозы. Содержание белков, жиров, минеральных веществ и витаминов находится на низком уровне. Кристаллическая структура целлюлозной молекулы и ее связи с лигнином мешают полному и эффективному использованию целлюлозы. Разрушение лигниноцеллюлозных связей — основное условие для возможного использования полисахаридов дерева на корм животным. Снижение уровня лигнина на 33% в твердых и на 66 в мягких видах древесины повышает их переваримость на 60%, что для жвачных эквивалентно сену среднего качества [47].

В последние годы было проведено много опытов *in vivo*, в которых тестировали различные мягкие и твердые виды древесины. Необработанные опилки использовали в качестве замены объемистого корма в рационах откармливаемого крупного рогатого скота.

В некоторых опытах еловую древесину после сульфитной обработки скармливали откормочному скоту на уровне 70% рациона [18]. Между контрольной и опытной группами не было отмечено значительной (статистически достоверной) разницы в приростах живой массы, хотя в среднем приросты животных опытной группы были на 0,48 кг ниже, чем контрольной. Энергия гекоз в рационе, содержащем

древесину, переходила в ЛЖК (летучие жирные кислоты) с эффективностью, на 9% меньшей, чем в рационе животных контрольной группы. При откорме крупного рогатого скота в качестве объемистого корма (в сочетании с концентратами) хорошо зарекомендовала себя и сосновая древесина [69].

В других опытах ягнятам скармливали рацион, содержащий древесную массу, гидролизованную 0,8 и 3,2%-ным раствором H_2SO_4 [17]. Животные хорошо поедали рацион, содержащий до 75% древесных отходов, обработанных 0,8%-ным раствором H_2SO_4 . При этом не было отмечено разницы в приростах массы при содержании в рационе древесины на уровне 25—50%. Однако древесина, обработанная 3,2%-ным раствором H_2SO_4 , неблагоприятно влияла на приросты массы и переваримость сухого вещества.

Впечатляющие результаты были достигнуты при скармливании осинового древесного. Коэффициенты переваримости сухого вещества и энергии осинового отходов, обработанных паром при 160—170°C в течение 1,5—2 ч и скармливаемых овцам в рационе, состоящем на 40% из сена и 60% из данных отходов, составили 48,4 и 45,5% соответственно [37]. В опытах на козах переваримость обработанных осинового отходов составила 52% [48].

В ЧССР в опытах на овцах переваримость сухого вещества опилок букового дерева достигала 55% [83].

В Канаде разработана уже упоминавшаяся технология «Stake» по производству энергетического корма на базе тополя и осины. Конечный продукт (коричневая волокнистая порошкообразная или прессованная масса) получается в результате переработки целого дерева в режиме высоких температур и давления без использования химикатов. Полученный корм содержит более 65% сахаридов (17% растворимых сахаридов), 47 — сырой клетчатки и до 1% сырого протеина, жира и золы. Он хорошо хранится и безвреден для животных. Новый корм прошел испытания на телятах, телках, коровах, быках и овцах с хорошими результатами [28].

В последние годы внимание ученых привлекает вопрос скармливания животным гемицеллюлозных концентратов, приготовленных из жидких отходов. Установлено, что некоторые виды рубцовых бактерий обладают избирательной способностью к перевариванию гемицеллюлозы [21]. Хотя участие протозойных в переваривании гемицеллюлозы изучено еще недостаточно, многие работы подтверждают

первоначальные выводы [5]. Переваримость гемицеллюлозы жвачными примерно равна соответствующему показателю целлюлозы [50]. В 1 кг гемицеллюлозы содержится в зависимости от вида сырья и метода его переработки 7,5—13 кДж переваримой энергии. Гемицеллюлоза в сочетании с мочевиной зарекомендовала себя хорошим энергетическим кормом [66; 44]. Ее с успехом включали в рацион дойных коров [78]. Опытным путем было установлено, что оптимальным энергетическим средством в рационах с мочевиной для овец является комбинация тростниковой и древесной мялассы в соотношении 1:1 [81]. Комбинация ксилоцеля со свекольной мялассой дала хорошие результаты при кормлении овец [84]. Гемицеллюлоза (жидкая и обезвоженная) в комбинации с мочевиной успешно использовалась многими учеными в кормленческих опытах [9]. По приростам массы, оплате и поедаемости кормов, использованию питательных веществ и качеству убойной продукции не было отмечено значительных различий между животными, в рацион которых входило 10% уже упоминавшегося ксилоцеля вместо такого же количества мялассы.

В ЧССР были поставлены опыты на овцах и откормочном крупном рогатом скоте по скармливанию мялассы, приготовленной из жидких отходов, получаемых при производстве ДСП [85; 79; 13]. Подопытных ягнят разделили на четыре группы, из которых I группа (контрольная) получала гранулированный комбикорм с содержанием 12% свекольной мялассы в сухом веществе, во II группе — 33% мялассы (от уровня контрольной группы), в III — 66%, а в комбикорме IV группы вся свекольная мяласса была заменена на древесную. Опыт продолжался шесть месяцев. Результаты показали, что по приростам массы, затратам корма, переваримости питательных веществ, как и балансу азота, не было каких-либо значительных различий между отдельными группами. Благоприятные результаты были получены и в опытах на быках, которым скармливали негранулированный рацион в течение 275 дней. Ежесуточный прирост массы в контрольной группе составил 0,909 кг в расчете на голову, а в опытной группе, в рацион которой входило 3 кг древесной мялассы с уровнем сухого вещества 50%, — 0,910 кг. Древесная мяласса не оказывала какого-либо неблагоприятного влияния и на здоровье животных. Этот вывод был сделан на основании изучения обменных процессов, а также патолого-анатомического и гистохимического исследований. Овцы хорошо поедали рацион,

заданный в форме пойла, приготовленного на основе древесной мялассы с включением всех остальных компонентов рациона (молотый ячмень, мочевина, минеральная смесь). Сено задавали в натуральном виде.

Получение качественного энергетического корма из древесных отходов является предметом интенсивных исследований, так как с каждым годом возникает все большее количество таких отходов. И хотя в большинстве случаев экономическая сторона вопроса оставляет желать лучшего, существует принципиальная возможность получения качественных кормов из древесных отходов.

4.7. РАЗЛОЖЕНИЕ ЛИГНИНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ ВЫСШИХ ГРИБОВ

Высшие грибы обладают способностью посредством своих ферментных систем разлагать высокомолекулярные вещества типа целлюлозы или лигнина, делая их доступными для пищеварительной системы сельскохозяйственных животных. Высшие грибы дают возможность организации полупромышленного и промышленного производства белка из доселе малоиспользуемых лигниноцеллюлозных отходов (солома, кукурузные кочерыжки, подстилка, опилки и т. д.). Кроме того, высшие грибы связывают при росте атмосферный азот. *Pleurotus ostreatus*, *Kuehneromyces mutabilis* и *Morchella* способны фиксировать азот воздуха в количествах до 7 мг на 1 г потребленного углеводного субстрата [31; 32; 33]. Добавка мочевины к субстрату для культивирования *Pleurotus ostreatus* повышала содержание протеина в сухом веществе биомассы на 20% [35]. После сбора плодовых тел остается субстрат (например, солома, проросшая мицелием), который может быть использован в качестве корма для сельскохозяйственных животных. Известно, что многие дикие животные охотно поедают грибы (грызуны, белки, мыши и др.), а из домашних к таким животным относятся овцы.

Преимуществом высших грибов является их способность использовать широкий ассортимент отходов растениеводства, а также городские негорючие отходы [15]. Многие ученые считают грибы перспективным источником питательных веществ для человека и животных [60; 24]. По опубликованным данным, было осуществлено культивирование грибов для кормовых целей и получен продукт

под названием «Mycofutter». В качестве субстрата использовали пшеничную, ржаную или рисовую солому, в которую вносили мочевину, подвергая ферментации при высокой температуре и участии термофильных бактерий в течение 16—21 дня (так называемая бактериофаза). За это время под воздействием микроорганизмов в субстрате распадается 30% сахаридов и повышается уровень протеина. Во второй фазе (бактериоактинофаза), длящейся 3—7 дней, размножаются термофильные актиномицеты, продолжает расти уровень протеина и образуются хорошие условия для роста шампиньонного мицелия. В третьей, так называемой микофаза, в субстрат вносят культуру шампиньонов, мицелий которых при 22—24°C прорастает весь субстрат за 14—21 день. В этой фазе в субстрате снижается уровень сахаридов, синтезируется белок грибов, повышается содержание витаминов группы В, кислот и ферментов. Субстрат содержит 18—20% белка и 50% воды. Теперь его можно использовать для кормления животных.

В настоящее время наибольшее внимание чехословацких ученых привлекают высшие грибы *Coprinus* и *Pleurotus ostreatus*. Разработан простой одноступенчатый метод получения белкового экстракта в результате культивирования специального штамма *Coprinus* sp. [45; 46]. Конечный продукт содержит 22% протеина в сухом веществе с относительно хорошим аминокислотным составом. Этот гриб хорошо растет на различных целлюлозосодержащих отходах.

Среди высших грибов, которые способны использовать широкий спектр органических материалов, в первую очередь надо упомянуть *Pleurotus ostreatus*, принадлежащий к классу *Basidiomycetes* — *Agaricales*. Этот гриб насчитывает восемь форм и множество субформ [68]. Он чрезвычайно нетребователен к составу субстрата, растет на самых различных материалах (опилки, солома, подстилка и т. д.). В ЧССР его выращивают на соломе и кукурузных кочерыгах, и предназначен он для питания человека. После сбора плодовых тел остаются проросшие мицелием отходы с высоким уровнем белка, низким содержанием клетчатки и лигнина. Этот субстрат непригоден для повторного использования, однако он может служить в качестве корма для сельскохозяйственных животных [64; 76]. Мицелий гриба имеет белый цвет и приятный запах грибов, быстро прорастает в солому. Хотя солому предварительно не стерилизовали, плесени в субстрате обнаружено не было.

В конце длительного опыта (150 дней) было зарегистрировано снижение уровня клетчатки примерно на 20%, повышение содержания протеина, содержание жира осталось без изменения. В опытах на цыплятах полученный субстрат после сушки смешивали в измельченном виде с зерном. Цыплята хорошо поедали эту смесь. Поросята поедали такой субстрат после постепенного приучения.

Гриб *Pleurotus ostreatus* содержит все незаменимые аминокислоты (фенилаланин и метионин в недостаточных количествах). В мицелии этого гриба в свободном состоянии было обнаружено 18 аминокислот, в гидролизованном белке — 16 [34]. В сухом веществе плодовых тел содержится 65% белка [59]. Содержание витаминов в 1 кг сухого вещества составляет 9,9 мг витамина B₂ и 0,07 мг азгостерола [59]. Содержание витамина B₁₂ не превышает 1,4 мкг в 1 кг сухого вещества [70].

Было установлено, что по мере роста грибов содержание питательных веществ в субстрате значительно изменяется [71]. В субстрате после образования плодовых тел уровень сухого вещества повышался на 13%, протеина — на 2,24, сырого жира — на 0,06, БЭВ — на 6 и золы — на 4,7%.

Повышенное содержание белка в таком субстрате обусловлено образованием аминокислот. Количество лигнина снижалось на 5,3%, целлюлозы — на 9,8%. После сбора плодовых тел содержание питательных веществ в субстрате резко падает. После измельчения и хранения в кучах субстрат согревался и плесневел, что значительно снижало его переваримость и поедаемость животными. Анализ *Pleurotus ostreatus* показал наличие в нем 16 аминокислот, причем количество триптофана ни у одного из изучаемых видов не превышало 0,2—0,4% [29].

Многие ученые исследовали переваримость субстрата, обсемененного *Pleurotus ostreatus*, другими грибами. Переваримость соломы после обсеменения ее мицелием гриба *Polystictus sanguineus* повышалась с 46 до 70% [36]. Субстрат гриба *Pleurotus florida* содержал (после сбора плодовых тел) наибольшее количество растворимых сахаридов и был более пригоден для кормовых целей, чем солома или необсемененный субстрат [82]. Переваримость протеина мицелия составила 84,4%, а органического вещества — 74,4% [57]. Однако чехословацкие ученые определили значительно более низкие показатели переваримости протеина, чем указано выше [67]. Такие противоречивые резуль-

таты вызваны, по-видимому, различной методикой исследований.

Кормленческие опыты с использованием субстрата из пшеничной соломы, на котором выращивали *Pleurotus ostreatus*, были поставлены на откормочных бычках [43]. В итоге в опытной группе среднесуточный прирост массы составил 0,537 кг, в контрольной — 0,680 кг. Изучалось также влияние этого субстрата на клиническое состояние суягных и холостых овцематок. В опытной группе скормливали по 0,5 кг субстрата на голову ежесуточно в течение 38 дней. Субстрат хорошо поедался животными. Состояние здоровья овец контролировали посредством гематологических и биохимических тестов. Между контрольной и опытной группами значительных различий установлено не было.

Противоречивые результаты, получаемые учеными в опытах, с высшими грибами, в определенной степени объясняются различными условиями получения грибного субстрата, а также возможностью наличия в грибах пока еще не идентифицированных веществ, которые могут обладать как стимулирующим, так и ингибирующим действием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anthony W. B. and Cunningham, J. P.: Anim. Sci., 27, 1969, s. 1159.
2. Apalovič R.—Došková E.: Výskum využitia nutričnej hodnoty lignocelulózových odpadov, Bratislava, 1975 dielčia správa.
3. Apalovič R.—Rajkovič E.: Využitie drevných odpadov pri mechanickom a chemickom spracovaní dreva. Zborník, Piešťany 1978.
4. Arehibald J. G.: Dairy Sci., 9, 1926, s. 257.
5. Bailey R. W. and Clarke R. T. J.: Nature, 198, 1963a, s. 787.
6. Bailey R. W. and Clarke R. T. J.: Nature, 199, 1963b, s. 1291.
7. Baker A. J.—Millett M. A.—Satter L. D.: Cellulose Technology Research, Ed. Turbak A. F. ACS Symposium Series, 1975.
8. Bano Z.—Srinivasan K. S.—Srivastava H. C.: Appl. Microbiol., č. 11, 1963, s. 84.
9. Bartley E. E.—Farmer E. L.—Pfost H. B.—Dayton A. D.: J. Dairy Sci., 51, 1968, s. 705.
10. Bates D.: Can. Cattlemen 1975, s. 24.
11. Bender F.—Heaney D. P.—Bowden A.: Forest. Prod. J., 20, 1968, s. 36.
12. Bender F.—Heaney D. P.—Bowden A.: Forest. Prod. J., 20, 1970, s. 36.
13. Beseda I.—Bučko J.—Kováč: Využívanie netradičných zdrojov bielkovín a energie vo výžive hospodárskych zvierat, III. Simpózium, Senec, 1977.

14. Blažej A.—Šutý L.—Košík M.—Krkoška R.—Galís E.: *Chémia dreva*. Alfa, Bratislava, 1975.
15. Block S. S.: *Appl. Microbiol.*, č. 5, 1965, s. 13.
16. Bučko J.—Beracková D.—Beseda I.: Využitie drevných odpadov pri mechanickom a spracovaní dreva. Zborník, Piešťany, 1978.
17. Butterbough J. W.—Johnson R. R.: *J. Anim. Sci.*, 38, 1974, s. 394.
18. Clark S. D.—Dyer I. A.: *J. Anim. Sci.*, 37, 1973, s. 1022.
19. Cody R. E.—Morrill J. L.—Hibbis C. H.: *J. Anim. Sci.*, 35, 1972, s. 460.
20. David M.: Aglomerované materiály. Zborník, Zloven, 1978.
21. Dehority B. A.: *Fed. Proc.*, 32, 1973, s. 1819.
22. Dinius D. A.—Peterson A. D.—Long T. A.—Baumgardt B. R.: *J. Anim. Sci.*, 30, 1970, s. 309.
23. Edin H. et. al.: *Lantb. Husjd., Medd.*, 6, 1941, s. 1.
24. Eddy B. P.: *Sci. Food Agr.*, č. 9, 1968, s. 644—649.
25. El—Sabbán F. F.—Long T. A.—Baumgardt R. B.: *J. Anim. Sci.*, 32, 1971, s. 749.
26. Ek M.—Eriksson K. E.: *Proc. Bioconversion Symp.*, IIT Delhi, 1977, s. 449.
27. Enzmann J. W.—Goodrich R. D.—Meiske J. C.: 29, 1969, s. 653.
28. Esdale W.: *Stake Technology Ltd.*, Ottawa, 1978.
29. Falina N. N.: Kormovyje belki i fiziologičeski aktivnyje veščestva dlja životnovodstva. Nauka, Moskva—Leningrad, 1965, s. 39.
30. Foltá L.—Jablonský I.—Jablonská J.: Postup průmyslové výroby plodné hlívy ústředně hlívy ústředně a hlívy floridské na balicích pšeničné slámy. Patent ČSSR, 1974.
31. Ginterová A.: Pěstování Žampionů, 8, 1971, s. 60.
32. Ginterová A.: Intenzifikácia procesu pestovania jedlých húb, Záverečná zpráva VULK Bratislava, 1972.
33. Ginterová A.: *Biológia*, č. 28, 1973, s. 199.
34. Ginterová A.: Intenzifikácia procesu pestovania jedlých húb. Záverečná správa VULK, Bratislava, 1974.
35. Ginterová A.—Janotková O.—Valovič K.: Hlíva ustricová, pestovanie a spracovanie, 1976.
36. Hartley V.—Johns V.: *Ann. Rep. Grassland Research Institut*, 1973, s. 30—31.
37. Heaney D. P.—Bender F.: *Forest, Prod. J.*, 20, 1970, s. 98.
38. Heltay I.—Petöfi S.: *Mushroom Sci.*, č. 6, 1965, s. 287—296.
39. Hermann H.: Možnosti zušlechťování slámy vyššími houbami a metabolická odpověď ovcí po jejich zkrmování. Dipl. práce AF VŠZ Praha, 1978.
40. Higuchi T.: *Advances in Enzymology*, 34, 1971, s. 207.
41. Huffman J. G.—Kitts W. D.—Krishnamurti C. R.: *Anim. Am. J. Sci.*, 51, 1971, s. 45.
42. Hvidsten H.: *Nord. Jordb.*, 22, 1940, s. 180.
43. Jablonská J.: Ověření metod při výrobě objemových krmiv zušlechťených houbou *Pleurotus ostreatus*, Jejich experimentální ověření ve výživě skotu. Diplomová práce AF VŠZ Praha, 1974.
44. Jett D. A.—Mylaren G. A.—Cuppe S. L.: *Fed. Proc.*, 28, 1969, s. 491.
45. Jílek R.—Vodičková M.—Zezula V.—Pavlíková E. a i.: Sborník XIII. výroč. sjezdu Čs. společnosti mikrobiologické, Gottwaldov. 1977, s. 101.
46. Jílek R.—Vodičková M.—Zezula V.: Sborník XIV. výročního kongresu Čs. společnosti mikrobiologické Praha 1978, s. 159.
47. Linko M.: New feed resources. *Proceedings of technical consultation*. Roma, 1976.
48. Mellenberger R. W.—Satter L. D.—Milletti M. A.—Baker A. J.: *Anim. Sci.*, 32, 1971, s. 756.
49. Millett M. A.—Baker A. J.—Feist W. C.—Mellenberger R. W.—Satter L. D.: *J. Anim. Sci.*, 31, 1970, s. 781.
50. Minson D. J.: *Aust. J. agric. Res.*, 22, 1971, s. 589.
51. Morrison F. B.—Humprey G. C.—Hulce R. S.: *Forest. Prod. Lab.* 1922, unpublished report.
52. Morrison S. M.: *Feedstuffs*, 43, 51, 1971, s. 33.
53. Norman A. G.—Fuller W. H.: *Advances in Enzymology*, 2, 1951, s. 293.
54. Novák K.: Vliv vypleněného substrátu hlívy ústředně zkrmovaného ovcím na jejich zdravotní stav. Diplom. práce AF VŠZ. Praha, 1977.
55. Omellansky W. L.: *Centr. Bakt. II.* 8, 1902, s. 93.
56. Planikanov N.—Balozov B.—Dinov A.: *Životnovodní nauki*, č. 4, 1969, s. 3—18.
57. Planikanov N.—Džarova M.: *Životnovodní nauki*, č. 1, 1969, s. 3—12.
58. Pigden W. I.: New feed resources. *Proceedings of technical consultation*. Roma, 1976.
59. Platonov E. G.: Nauka. Moskva—Leningrad, 1—65, s. 55—58.
60. Robinson R. F.—Davidson R. S.: *Advan. Appl. Microbiol.*, 1959, s. 261—278.
61. Satter L. D.—Baker A. J.—Millet M. A.: *J. Dairy Sci.*, 53, 1970, s. 1455.
62. Satter L. D.—Lang R. L.—Baker A. J.—Milletti M. A.: *J. Dairy Sci.*, 56, 1973, s. 1291.
63. Shelford J. A.—Kitts W. D.—Krishnamurti C. R.: *Can. J. Anim. Sci.*, 50, 1970, s. 208.
64. Scháněl L.—Herzig I.—Dvořák M.—Vězník, Z.: Zlepšovací návrh VÚVL Brno, č. 13, 1966.
65. Slyter A. L.—Kamstral D.: *J. Anim. Sci.*, 38, 1974, s. 693.
66. Smith W. H.: *Feedstuffs*, 40, 36, 1968, s. 40.
67. Sommer A.—Škultěťová N.—Ginterová A.: *Pol'nohospod.*, 24, č. 2, 1978, s. 152—158.
68. Stolina M.: *Pleurotus ostreatus* (JACQU) Zborník přednášek z technologických seminářů o houbách. 1976, s. 67—77.
69. Stranks D. W.: *Pulp. Pap. Mag. Can.*, 53, 1952, s. 220.
70. Sivrina A. N.—Korjakina L. N.—Jakimov P. A.: Nauka, Moskva—Leningrad, 1965, s. 88—91.
71. Škultěťová N.—Sommer A.—Ginterová A.: *Pol'nohospod.*, 24, č. 1, 1978, s. 65—73.
72. Štávik J.—Hovorka G.: *Papír a celuloza*, 32, 1977, s. 275.
73. Štáviková M.: Zžitkování sulfitových výluhů. SNTL, Praha, 1976.
74. Turner H. D.: *Forest. Prod. J.*, 14, 1964, s. 282.
75. Van Herson G.: *Zentr. Badt. Paras*, 11, 1904, s. 689.

76. Věžník Z.—Herzig I.—Dvořák M.: Fr. Biol. a chem. zemědělství, 1968.
77. Virtanen A. I.—Nikkita: Suomen Kemistilehti B. 19, 1946, s. 3.
78. Virtanen A. I.: Agrochimica, 11, 1967, s. 289.
79. Walcko T.—Zeleňák I.—Jalč D.—Bučko J.: Využitie netradičných zdrojov bielkovín a energie vo výžive hospodárskych zvierat. III. Sympózium, Senec, 1977.
80. Wilson R. K.—Pigden W. J.: Can. J. Anim. Sci., 44, 196, s. 122.
81. Wornick R. C.: Feedstuffs, 41, 46, 1969, s. 50.
82. Zdražil F.: Z. Pflanzenern. Bodenk., č. 3, 1975, s. 263—276.
83. Zeleňák I.: Využívanie netradičných zdrojov bielkovín a energie vo výžive hospodárskych zvierat. I. Sympózium, Bratislava, 1975.
84. Zeleňák I.: Využívanie netradičných zdrojov bielkovín a energie vo výžive hospodárskych zvierat. II. Sympózium, Bratislava, 1976.
85. Zeleňák I.—Boda K.—Jalč D.—Walcko T.—Bučko J.: Využívanie netradičných zdrojov bielkovín a energie vo výžive hospodárskych zvierat. III. Sympózium, Senec, 1977.
86. Zontz N.: Land. Jahrb. 8, 1979, s. 65.

5. СУЛЬФИТНЫЕ ЩЕЛОКА

Древесина является одним из основных видов мирового сырья. Согласно статистическим данным, 32,5% земной поверхности покрыто лесами. Мировая продукция древесины составляет примерно 1300 млн. тонн в год.

В ЧССР древесина является вторым по значимости после бурого угля видом сырья. Большая ее часть перерабатывается химическими способами с целью производства целлюлозы и бумаги. При этом образуется большое количество отходов, в частности различных видов щелоков, которые содержат много питательных веществ и являются ценным сырьем для промышленного производства микробиального белка.

Экономически доступным и эффективным является использование отходов, получаемых при кислых сульфитовых способах обработки (варки) древесины, когда образуются сульфитные щелока. При других способах варки древесной массы (сульфатный способ, щелочно-кислородный способ и т. д.) получаемые щелока либо непригодны для микробиосинтеза, либо технология их использования до сих пор не разработана.

Сульфитные щелока являются весьма непостоянным по составу сырьем. Характер их обусловлен не только породой дерева, его возрастом, местом произрастания и различными экологическими условиями, но и способом варки.

Хотя сульфитные щелока уже более 50 лет используются для производства дрожжевого белка, весь этот процесс был чисто эмпирическим, без достаточного микробиологического обоснования.

При использовании сульфитных щелоков чаще всего на первом этапе стимулируют ферментацию гексозы, в результате чего образуется этанол. После отделения спирта выжимки используют для микробиального синтеза белка. Сульфитные щелока смешивают с водами, ранее использовавшимися для промывки целлюлозы.

Полученный раствор, содержащий 1,2—1,8% сахаров (преимущественно пентоз), используется для выращивания дрожжей *Candida utilis*, *Candida arborea* и др.

В СССР этот способ до сих пор применяется на двух заводах. Однако современная технология предусматривает прямое использование щелоков для производства кормовых дрожжей, минуя этап спиртовой ферментации.

5.1. ХАРАКТЕРИСТИКА И ВИДЫ СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

Сульфитные щелока образуются при производстве целлюлозы, когда дерево варят в бисульфитных растворах, содержащих соответствующие щелочи. Классический кальций-бисульфитный способ варки заменяют в последнее время другими способами, технологически более выгодными, допускающими регенерацию химикатов и повторное их использование. Наиболее подходящими для этого являются соли натрия и магния. В отдельных случаях используют аммоний-бисульфитный способ.

Важнейшим производственным звеном является подготовка для варки соответствующего раствора.

Процесс собственно варки протекает следующим образом. В кислоту загружают древесную массу при низкой температуре. Кислота диффундирует в клеточные оболочки, где входит в соприкосновение с лигнином и сахаридными компонентами. Когда древесная масса достаточно импрегнирована, а температура поднимается до 60—80°C, начинается химическая реакция. При резком возрастании температуры SO_2 поглощается древесиной гораздо быстрее, чем щелочи, и вступает в реакцию с лигнином при температуре выше 100°C. При этом возникают продукты конденсации темного цвета. Максимальная температура варки не превышает 130—140°C. Время варки зависит от вида древесины, сорта целлюлозы, различных технологических особенностей и составляет в среднем 18 ч.

В процессе варки происходят разнообразные и многочисленные реакции. Большая часть лигнина переходит в раствор в форме лигнин-сульфониевых кислот, гемицеллюлозы гидролитически расщепляются. При этом в зависимости от условий варки образуются либо моносахариды и олигосахариды, либо полисахариды. По завершении процесса необходимо в емкости для варки понизить давление, иначе может произойти глубокий гидролиз целлюлозы при одновременном расщеплении уже образовавшихся моносахаридов. Затем образовавшийся сульфитный щелок отводят, а целлюлозу промывают. Смесь сульфитного щелока

и воды, которой промывали целлюлозу, представляет собой сырье для ферментативной переработки. Приведенная краткая характеристика процесса варки далеко не исчерпывает все технологические детали производства целлюлозы, которые влияют на качество сульфитного щелока.

Необходимо упомянуть так называемые полукислые натрий-сульфитный или магний-бисульфитный способы варки, при которых содержание веществ, пригодных для микробиологических процессов, сокращается примерно наполовину и более по сравнению со способами, когда варка протекает при pH 2,0.

5.1.1. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ СУЛЬФИТНОЙ ВАРКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Химические реакции при варке древесины изучали многие исследователи.

Было установлено, что целлюлоза в процессе варки практически не изменяется. Ее наличие в отходах вызвано гидролизацией гемицеллюлоз [16]. Большинство вновь образующихся веществ получается из гемицеллюлоз при постепенном расщеплении сахаридных цепочек с образованием моносахаридов. Например, при варке хвойной древесины (ель) при гидромодуле 1 : 3,5 и содержании целлюлозы 50% образуются моносахариды, приведенные в таблице 16.

Таблица 16. Моносахариды, образующиеся при варке хвойной древесины

Моносахарид	Концентрация (г/л)	Вещество, из которого получается в результате гидролиза
D-ксилоза	9—11	Ксилан
D-глюкоза	5—7	Глюкоманан, галактоглюкоманан, целлюлоза
D-манноза	12—15	Глюкоманан, галактоглюкоманан
D-галактоза	8—10	Галактоглюкоманан, арабиногалактан
L-арабиноза	5—6	Арабиногалактан, арабиноглюкуроноксилан

Протекают также реакции окисления мономерных сахаридов. Эти реакции, а также частичный переход пентоз в фура, а гексоз — в гидроксиметилфурал протекают в конце варки и могут приводить к потере 40—60% образовавшихся сахаридов. Поэтому процесс варки следует регулировать соответствующим образом.

5.1.2. СОСТАВ СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

Моносахариды. Первой при варке в раствор переходит арабиноза. Ее содержание быстро достигает максимума, но при длительной варке снижается. Галактоза и ксилоза относительно легко переходят в раствор, однако содержание последней к концу варки падает. Значительное количество маннозы, более стойкой к гидролизу, чем упомянутые сахара, образуется на завершающих этапах варки. Глюкоза также появляется в растворе в конце технологического процесса и содержание ее прямо пропорционально температуре и продолжительности варки.

Олигосахариды. В процессе варки в сульфитный щелок поступают различные олигосахариды: дисахариды, трисахариды и тетрасахариды типа гексоз и пентоз [12].

Летучие кислоты. Кислоты-уксусная и муравьиная — образуются в начале варки в количестве примерно 25 г на 1 кг древесины [8]. При сульфитной варке большая часть муравьиной кислоты окисляется до CO_2 и воды [15].

Алкополи. Метиловый спирт в сульфитном щелоке образуется из субстицированных О-метил углеводов. Из 1 т древесины образуется 4 кг метилового спирта [5].

Альдоновые кислоты. Альдоновые кислоты иногда составляют значительную часть используемых сульфитных щелоков. Образование кислот зависит от концентрации серосодержащих веществ и некоторых других условий варки. Образуются они при трансформации сахаров в результате трехступенчатого окисления алдоз. До 20% редуцирующих веществ, находящихся в щелоке, переходят в альдоновые кислоты, причем распад пентозы проходит в большей степени, чем гексозы [13]. В щелоке были обнаружены следующие кислоты [13]: ксилоновая кислота — 1,72 г/л; арабоновая кислота — 1,35 г/л; манноновая кислота — 1,44 г/л; глюконовая кислота — 0,31 г/л; галактоновая кислота — 1,60 г/л (всего — 6,42 г/л).

Содержание альдоновых кислот может колебаться от 5,0 до 12 г на 1 л сульфитного щелока.

Лигнин. Наиболее значительной составной частью сульфитного щелока, которая, однако, при обычном микробно-синтезе белка не имеет большого значения, является лигнин и лигнинсодержащие вещества. Они составляют примерно 66% всего органического вещества щелока. Предполагается, что 30—35% этих веществ имеют комплексные связи с сахарами [6]. Спецификация отдельных лигнин-

Таблица 17. Состав сульфитного щелока (без промывных вод)

Компоненты	Древесина		
	Бук	Ель	Эвкалипт
pH	1,3—1,5	1,6—2,7	1,7
Сухое вещество, %	1,4—16	12—14	11,9
Редуцирующие вещества (РВ), редуцирующие вещества в пересчете на глюкозу	3,5—5,0	2,5—3,5	2,9
из них моносахариды по Сэмюэлсону	70	75	
из них спиртово ферментируемые РВ	10—12	60—70	
Спиртово-ферментируемые РВ, %	80—85	80—90	
Уксусная кислота, %	1,0—1,8	0,2—0,6	
Фурфурал, г/л	1,0	0,2—0,6	1,0
SO_2 , всего, г/л	3,0—4,5	3,5—5,5	3,2
SO_2 (в свободном состоянии), г/л	0,5—1,0	0,5—1,5	0,53
Азот, всего, мг/л	260—400	80—180	
Фосфор (в форме P_2O_5), мг/л	100—150	45	

Таблица 18. Состав щелока в смеси с промывными водами (сырье — еловая древесина)

Компоненты	Содержание (по Бенсону), г/л	Содержание (по Макарту), г/л
Сухое вещество	118,0	115,4
Зола	19,01	11,88
Летучие кислоты	5,31	—
Муравьиная кислота	0,63	—
Уксусная кислота	4,68	—
CaO	7,24	6,19
Сера, всего	10,29	8,92
Сернистые соединения типа SO_3	2,24	1,14
SO_2 (в свободном состоянии)	1,39	0,6
SO_2 (связанный с альдегидами)	4,98	3,73
SO_2 (сульфониевый)	12,4	—
Фурал	0,28	—
Лигнин	61,5	—
Сахариды	20,15	26,78
OCH_3	—	7,84
Метиловый спирт	0,72—1,26	—
Этиловый спирт	0,15—0,23	—
Ацетон	0,10—0,15	—
CO_2	—	1,5 % [7]
Формальдегид	—	следы

содержащих веществ весьма сложна и носит самостоятельный характер.

Некоторые другие вещества, содержащиеся в сульфитных щелоках. В сульфитном щелоке содержится большое количество сахаридо-сульфониевых кислот [11].

В зависимости от вида древесины в процессе варки в сульфитном щелоке образуется 0,02—0,06% фураля, который в некоторых случаях является ингибирующим фактором ферментации и может оказывать неблагоприятное влияние на диетическую ценность продуктов.

Состав сульфитных щелоков приведен в таблицах 17—18.

Содержание отдельных моносахаридов в щелоках, полученных при варке ели, пихты, бука, тополя, дано в таблицах 19—20.

Таблица 19. Содержание отдельных моносахаридов (%) в сульфитных щелоках

Моносахариды	Древесина		
	Пихта	Бук	Ель
Манноза	48	10	50
Глюкоза	15	1	10
Ксилоза	15	50	23
Галактоза	10	—	10
Арабиноза	6	15—20	5
Фруктоза	2	—	—

Таблица 20. Содержание отдельных моносахаридов (%) в щелоках, получаемых при производстве целлюлозы

Древесина	Глюкоза	Галактоза	Манноза	Арабиноза	Ксилоза
Ель	0,23	0,26	1,36	0,13	0,65
Бук	0,16	0,15	1,19	0,7	3,4
Тополь	0,06	0,08	0,10	0,04	1,5

Кроме моносахаридов, приведенных в таблицах, в сульфитных щелоках в небольших количествах содержатся рамноза, рибоза и галактуроновая кислота.

5.2. ПРОИЗВОДСТВО КОРМОВЫХ ДРОЖЖЕЙ ИЗ СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

Объем сульфитных щелоков, которые образуются при производстве 1 т целлюлозы, составляет 7—9 м³. В зависимости от способа промывания целлюлозы этот объем возрастает до 9—11 м³.

Из этого количества щелока можно произвести 100—150 кг кормовых дрожжей, содержащих 50% сырого протеина (N×6,25) и 92% сухого вещества. Выход кормового белка в расчете на 1 т целлюлозы зависит от технологии производства целлюлозы, уровня потерь щелоков при промывке целлюлозы, используемых дрожжевых культур. Большую роль играет технический уровень производственного оборудования.

В настоящее время в ЧССР кормовые дрожжи вырабатывают на целлюлозных заводах в городах Вратимове и Ру-

Таблица 21. Производство кормовых дрожжей на заводах ЧССР в 1975 г.

Город, где расположен завод	Выпуск кормовых дрожжей, т	Сырье
Уничов	900	Мелясса
Леопольдов	5 000	Мелясса, цитрощелока, меляссовые выжимки
Тренчин	3 300	Мелясса, отходы брожения
Коетин	1 500	Синтетический этанол
Вратимов	3 900	Сульфитные щелока + синтетический этанол
Ружомберк	2 400	Сульфитные щелока
Итого	17 000	

Таблица 22. Перспективные показатели производства кормовых дрожжей в ЧССР (1990 г.)

Город, где расположен завод	Выпуск кормовых дрожжей, т	Сырье
Леопольдов	5 500	Мелясса, цитрощелока, меляссовые выжимки
Коетин	5 000	Этанол
Пашков	24 000	Сульфитные щелока
Ветржни	10 000	Сульфитные щелока
Итого	44 000	

жомберке. Во Вратимове в основу производства положена ферментация сульфитного раствора в смеси с синтетическим этанолом.

Данные о производстве в ЧССР кормовых дрожжей из различного сырья по состоянию на 1975 г. приводятся в таблице 21, а показатели на перспективу — в таблице 22.

5.3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВЫХ ДРОЖЖЕЙ ИЗ СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

Современная технология производства кормовых дрожжей возникла не сразу. Эмпирические методы, разработанные в СССР, ГДР, ФРГ и Швейцарии, совершенствовались за счет новых биотехнических решений как самого процесса ферментации, так и соответствующих операций. Большое значение имела разработка некоторых теоретических положений в области микробиологии (в частности, непрерывное культивирование). Состав сульфитных щелоков позволяет осуществлять длительный непрерывный ферментационный цикл. Свободный SO_2 , находящийся в щелоках, сводит на нет или резко сокращает бактериальную контаминацию, которая при других субстратах делает невозможным непрерывное культивирование. Основные требования к современному процессу производства кормовых дрожжей таковы:

- непрерывность и стабильность процесса на всех этапах;
- автоматизация производства;
- низкие капитальные и производственные затраты;
- безотходная технология с учетом экологических требований.

Весь процесс производства можно подразделить на следующие этапы:

- подготовка сульфитного щелока (снижение содержания SO_2 , гомогенизация, оптимизация pH, обогащение питательными веществами, охлаждение);
- ферментация (подготовка культуры микроорганизмов, основная ферментация, обеспечение);
- изоляция (сепарация дрожжевых клеток, сгущение дрожжевого молока, сушка, складирование и хранение);
- утилизация сточных вод.

5.3.1. ПОДГОТОВКА СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

Сульфитные щелока (отходы целлюлозобумажного производства) сами по себе не являются средой, пригодной для культивирования микроорганизмов. Для использования в этих целях они требуют соответствующей предварительной подготовки.

Снижение содержания SO_2 . Щелока в смеси с промывными водами, освобожденными от волокон, при содержании примерно 1000 мг свободного SO_2 в 1 л раствора непрерывно подаются в специальную колонку, где уровень свободного SO_2 снижается в среднем до 300 мг/л.

В зависимости от степени вываривания pH щелока составляют примерно 3,0. До недавнего времени оптимизация pH кальций-бисульфитного щелока осуществлялась с помощью $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Однако более эффективной является нейтрализация щелока аммиачной водой или газообразным NH_3 . При этом расход аммиачной воды (25%-ной концентрации) составляет примерно 6 л на 1 м³ щелока.

Магний-бисульфитный щелок нейтрализуют с помощью MgO .

Обогащение щелока питательными веществами. Щелок по возможности обогащают азотом, фосфором, калием и магнием. На 1 м³ щелока, содержащего примерно 30 кг сахаридов, из которых можно получить 15 кг сухой дрожжевой массы (55% сырого протеина) вносят 1,2 кг N, 0,52 кг P_2O_5 , 0,45 кг K_2O и 0,075 кг MgO . Данные вещества рекомендуются вносить в форме NH_3 , H_3PO_4 , КОН.

Щелок охлаждают до температуры 22—25°C в плоских теплообменниках.

Ферментация щелока. Чаще всего в производственных условиях используют культуру *Candida utilis* и *Candida arborea*. Успешно прошли испытания дрожжи *Cryptococcus diffluens*, пригодные для выращивания на натрий-бисульфитном щелоке. Обычно в производственных условиях работают со смешанными популяциями, которые ассимилирующим спектром углеводных веществ хорошо дополняют друг друга.

Хранение и размножение лабораторной культуры осуществляется на специальных станциях, а также в пробирочных ферментерах. На практике при обновлении в главных ферментерах ферментативного процесса используют «дрожжевое молоко», сгущенное сепараторами после промывки культуры.

Основная ферментация происходит в главном ферменте-

ре, технологические особенности которого определяют продуктивность процесса в целом. Главными характеристиками ферментера являются:

- потребление энергии на единицу чистой биомассы (или протеина);
- перенос и использование кислорода;
- выход биомассы с единицы площади в час;
- гомогенность раствора;
- стоимость оборудования;
- наличие современных систем управления и контроля важнейших параметров.

Сульфитные щелока имеют свою специфику (волоконность, уровень концентрации и характер органических и минеральных веществ, пенообразование и т. д.), которую следует учитывать при выборе соответствующего ферментера и системы аэрирования.

На предприятиях, производящих сульфитные дрожжи, еще нередко встречаются ферментеры старых типов, например с большими черпаками или системы air-lift. Однако все большее распространение получает комбинированная система с использованием специальной турбины и направленного воздушного потока (Tauschstrahlsystem).

Для справки приведем некоторые производственные параметры ферментера, которые можно считать весьма высокими:

- потребление электроэнергии — 0,5—0,7 кВт/ч на 1 т биомассы;
- перенос кислорода — 10—13 кг O_2 /м³/ч;
- использование кислорода — 40—60%;
- активное использование емкости ферментера — 50—60%;
- механическое обеспечение;
- гомогенность среды — 85—95%;
- охлаждение — отвод 18—19 МДж теплоты в расчете на 1 кг аэрируемой сухой биомассы;
- стоимость ферментера и всех систем обеспечения (автоматизация, компрессор обеспечения и т. д.) не превышает 20—25% всех капиталовложений в данное производство.

В настоящее время используются главные ферментеры емкостью 100, 200, 300, 600 м³, а при некоторых технологических системах — и большей емкости.

Процесс ферментации регулируется таким образом, чтобы объем утилизируемых веществ приближался к нулевому лимиту при температуре 32—34°C.

Имеет соответствующие лимиты и содержание питательных веществ. Скорость разжижения при ферментации в зависимости от концентрации утилизируемых веществ составляет $D=0,32—0,45\text{ ч}^{-1}$.

Сепарация дрожжевых клеток происходит в сепараторах (типа Alfa-Laval, Westphalia и т. д.), куда основной раствор подается прямо из ферментера. Это многоступенчатый процесс. Вначале, добиваясь максимального разделения дрожжевых клеток и щелока, массу сгущают (в 5—10 раз по сравнению с первоначальной), доводя уровень сухого вещества дрожжей до 12—14%. Затем клетки промывают, снова сгущают (15% сухого вещества), получая таким образом конечный продукт с заданными питательными качествами.

Образовавшиеся сточные воды перед окончательной утилизацией используют в качестве теплоносителя в теплообменниках.

Дрожжевое молоко (15% сухого вещества) сгущают до уровня 22—30% сухого вещества и затем подвергают термолизу.

Термолиз значительно повышает коэффициент переваримости полученных протеинов. После этого дрожжевое молоко сушат, подавая (разбрызгивая) через форсунки в специальные сушилки.

Продукт складывают в должным образом оборудованных хранилищах или бункерах. Заполнение бункеров автоматизировано.

5.4. ФЕРМЕНТАЦИЯ СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ В СМЕСИ С СИНТЕТИЧЕСКИМ ЭТАНОЛОМ

В настоящее время наиболее перспективной считается технология совместной ферментации щелоков и синтетического этанола. Такая комбинированная переработка имеет определенные технико-экономические преимущества, а именно:

- более полное использование питательных веществ, содержащихся в щелоке;
- снижение капитальных вложений на 40%, потребности в рабочей силе — на 40, производственных затрат — на 30% в сравнении с соответствующими показателями производства на базе одного этанола;
- возможность организации непрерывного технологического процесса, единое оборудование для утилизации

сточных вод, использование сырого синтетического этанола.

Одним из главных условий эффективной ферментации является правильное соотношение этанола с используемым углеводородным веществом с учетом характерных особенностей последнего. Желательно, чтобы степень окисления этого вещества была выше, чем у этанола. Культивируемые микроорганизмы должны эффективно использовать пентозы, гексозы, уксусную кислоту, альдоновые кислоты и этанол, превращая их в дефицитный белок.

Добавки этанола позволяют повысить выход биомассы при использовании глюкозы на 10%, маннозы — на 25, уксусной кислоты — на 50, глюконовой кислоты — на 25, кислот маноновой, галактоновой и ксилоновой — на 66—100%. Это объясняется интенсификацией метаболизма за счет взаимодополняемости отдельных углеводородных средств и улучшения использования обменной энергии.

5.5. ОСНОВНЫЕ БИОИНЖЕНЕРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Основные биоинженерные показатели процессов ферментации приведены в таблице 23.

Таблица 23. Основные биоинженерные показатели ферментации сульфитных щелоков (Са — бисульфит) и сульфитных щелоков в смеси с этанолом

Показатели	Сульфитные щелочи	Сульфитные щелочи + этанол
Скорость разжижения ($D = q^{-1}$)	0,30—0,45	0,20—0,32
Содержание сухого вещества в биомассе дрожжей, г/л*	13—16	25—30
Продуктивность, кг/м ³ /ч	4—6	7—9
Использование O ₂ , %	45—50	45—50
Затраты O ₂ на 1 кг сухого вещества дрожжей	1,9—1,1	1,3—1,5
Выход конечного продукта, в % от исходного субстрата	45—48	50—56

* — зависит от содержания питательных веществ в растворе дрожжевого вещества.

5.6. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ДРОЖЖЕЙ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ НА БАЗЕ СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

Качество дрожжевой биомассы, выработанной на базе сульфитных щелоков (или их смеси с синтетическим этанолом), может быть различным в зависимости от степени очистки.

В настоящее время в ЧССР при производстве этого вида дрожжей руководствуются так называемой отборной нормой, которая предъявляет к питательной ценности конечного продукта менее жесткие требования, чем в некоторых зарубежных странах (табл. 24).

Таблица 24. Состав кормовых дрожжей в соответствии с «отборной» нормой

Показатели	Вид I	Вид II	Базовые нормы
Сухое вещество, %	88	89	ЧСН* 46700 (54)
Протеин ($N \times 6,25$) в сухом веществе (минимум), %	45*	43*	ЧСН 467007 (57)
Зола в сухом веществе (максимум), %	10,5*		ЧСН 467007 (56)
Кислотность, в мг КОН на 100 г изучаемого образца (максимум)	1500	1800	ОН 566852 (14)

* — процентное содержание протеина и золы рассчитано на абсолютно сухое вещество.

«Отборная» норма (как это видно из таблицы 24) практически не характеризует питательную ценность дрожжевой биомассы. Поэтому в таблицах 25, 26, 27 даны расширенные характеристики идеально очищенной биомассы, полученной в результате ферментации сульфитного щелока или смеси сульфитного щелока с синтетическим этанолом.

Помимо компонентов, приведенных в таблицах 25, 26, 27, дрожжевая биомасса содержит и многие другие вещества, например витамины группы В. Содержание тиамина в расчете на 100 г сухого вещества дрожжей достигает примерно 15 мг, рибофлавина — 10, никотиновой кислоты — 50, пиридоксина — 3, пантотеновой кислоты — 8, холина — 300 мг. Кроме того, были обнаружены парааминобензойная кислота, оротовая кислота (витамин В₁₃), карнитин, аденилгнометилпентоза (витамин L₂), пангамовая кислота

Таблица 25. Состав биомассы, полученной при ферментации Са-бисульфитных щелоков и этих щелоков в смеси с синтетическим этанолом

Компонент, %	Са-бисульфит		Са-бисульфит+этанол	
	био-масса	сухое вещество	био-масса	сухое вещество
1. Вода	4,89	—	4,68	—
2. Сухое вещество	95,11	100	95,32	100
3. Протеин (N×6,25)	56,97	59,90	60,00	62,94
4. Жир после гидролиза	7,22	7,59	7,92	8,31
5. Зола	7,63	8,02	6,47	6,78
6. Безазотистые экстрактивные вещества	23,29	24,49	20,93	21,96
7. Переваримый протеин	44,25	46,52	42,87	44,97
8. Коэффициент переваримости протеина (in vitro)	78	—	71	—
9. Зольный остаток, нерастворимый в HCl	1,05	1,10	0,97	1,02
10. P	1,72	1,81	1,66	1,74
11. S	1,84	1,93	1,08	1,13
12. P ₂ O ₅	3,94	4,14	3,81	4,00
13. Белки (Барнштейн)	51,48	54,13	54,43	57,10
14. Переваримый протеин	38,76	40,75	37,30	39,13
15. Неомыляемая часть жира	6,44	6,77	5,76	6,04
16. Нуклеиновые кислоты	10,4	10,93	10,1	10,60
17. Биологическая ценность	79,4	83,48	83,0	87,07

(витамин B₁₅) и др. Важными составными частями биомассы являются также лецитин, эргостерол, глутатион (регулятор обмена веществ и антиоксин).

5.7. ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

Главным условием для развития производства дрожжевого белка является наличие сырьевой базы и эффективного технологического оборудования. Стоимость сульфитных отходов невысока, так как по сути они являются отходами другого производства. Минимальная мощность предприятия для обеспечения рентабельности производства составляет примерно 10 тыс. т дрожжевого белка в год (оптимальная мощность 20—40 тыс. т).

В СССР в качестве перспективного сырья для производства дрожжевого протеина рассматриваются сульфитные щелока, гидролизаты растительных материалов (отходы деревообрабатывающей промышленности, сельского

Таблица 26. Содержание аминокислот в биомассе, полученной при ферментации Са-бисульфитных щелоков и этих щелоков в смеси с синтетическим этанолом

Аминокислоты	Са-бисульфит			Са-бисульфит+этанол		
	сухое вещество	протеин	белок (Барнштейн)	сухое вещество	протеин	белок (Барнштейн)
Метионин сульфоксид	Следы	Следы	Следы	Следы	—	—
Аспарагиновая кислота	4,95	8,26	9,14	5,45	8,66	9,54
Треонин	2,80	4,67	5,17	3,37	5,35	5,90
Серин	2,71	4,52	5,01	3,19	5,07	5,59
Глютаминовая кислота	6,29	10,50	11,62	7,10	11,28	12,43
Пролин	1,84	3,07	3,40	2,20	3,49	3,85
Глицин	2,32	3,87	4,29	2,59	4,11	4,53
L-аланин	3,24	5,41	5,99	3,20	5,08	5,60
Валин	2,69	4,49	4,97	3,07	4,88	5,38
Метионин	0,73	1,22	1,35	0,76	1,21	1,33
Изолейцин	2,28	3,81	4,21	2,66	4,22	4,66
Лейцин	3,21	3,56	5,93	4,30	6,83	7,53
Тирозин	1,89	3,16	3,49	2,12	3,37	3,71
Фенилаланин	2,31	3,85	4,27	2,59	4,11	4,53
NH ₂ —масляная кислота	1,12	1,87	2,07	0,31	0,49	0,54
Лизин	3,66	6,11	6,70	4,09	6,50	7,17
Гистидин	1,36	2,27	2,51	1,55	2,46	2,72
Аргинин	2,69	4,49	4,97	2,85	4,53	5,00
Итого	46,09	75,13	85,15	51,44	81,64	90,01

Таблица 27. Содержание некоторых микроэлементов (%) в биомассе, полученной при ферментации Са-бисульфитных щелоков и этих щелоков в смеси с синтетическим этанолом

Микроэлементы	Са-бисульфит			Са-бисульфит+этанол		
	биомасса	сухое вещество	зола	биомасса	сухое вещество	зола
C	0,06	0,0063	0,078	0,001	0,00105	0,0154
Fe	0,03	0,031	0,39	0,0142	0,0149	0,220
P	0,0007	0,00073	0,009	—	—	—
Mo	0,0034	0,0035	0,044	—	—	—
Na	0,0080	0,0084	0,105	0,008	0,0084	0,124
M	0,00314	0,0033	0,041	0,005	0,0052	0,077
K	0,10	1,157	14,42	1,023	1,073	15,81
M	0,0058	0,0061	0,076	0,0034	0,0036	0,052
Co	0,0002	0,00021	0,0026	0,00003	0,000031	0,00046
pH	6,80	—	—	6,90	—	—

хозяйства, промышленности), синтетический этанол, природный газ. Изыскиваются возможности для использования щелоков, образующихся при щелочном и щелочно-кислородном производстве целлюлозы, ила (осадка), скапливающегося на станциях по очистке сточных вод. С точки зрения народнохозяйственного значения главенствующее место среди всех видов перспективного сырья занимают сульфитные щелока.

К их главным достоинствам относятся следующие моменты:

1) производятся внутри страны, носят характер отходов другого производства;

2) производство БО из сульфитных щелоков является наиболее эффективным и экономичным способом их утилизации;

3) производятся в относительно большом количестве;

4) относительно низкие капитальные и производственные затраты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adler E.: Svensk Papperstidn. 49, 1946, s. 339.
2. Barta J.: Mikrobiologická sythesa z odpadů rostlinného původu. Kandidátska disertační práce, 1976.
3. Barta J.—Verner M.—Kujan P.—Matějů V.—Bartová M. Výzkum optimalisace fermentace nátrium-bisulfitových výluhů. Záv. zpráva dílčího stát. úkolu P-08-322-030/2b, 1977.
4. Barta J.—Mostecký J.—Verner M.—Němec M.—Bartová M.: Způsob mikrobiosynthesy proteinů. Autorské osvědčení č. 186 954 z 7. 8. 1978.
5. Bergström H.: Papier. abr. 10, 1912, s. 677.
6. Friese H.—Högn V.—Wille H.: Ber. 70, 1937, s. 1072.
7. Gierrer J.: Svensk Papperstidn. 73, 1969, s. 531.
8. Hägglund E. Chemistry of Wood, Acad. Press, New York, 215, 1951, s. 415.
9. Hägglund E. Chemistry of Wood, New York, 1951, s. 430.
10. Hägglund E. Chemistry of Wood, Acad. Press, New York, 1951, s. 456.
11. Mostecký J.—Barta J.—Němec M.—Sára R.—Slíva O.—Štros F.—Vernerová J.: Způsob výroby kvasničných proteinů ze sulfitových výluhů a výpalků. Autorské osvědčení č. 174 431 z 25. 9. 1978.
12. Roschier R. H.—Eskola K.: Paperi ja Puu — Papper-och trä 37, 1953, s. 399.
13. Samuelson C.—Ljunquist J. K.—Parck C. Svensk Papperstidn, 61, 1958, s. 1043.
14. Stockman L.: Svensk Papperstidn 54, 1951, s. 621.
15. Sundmanová J. et al.: Papper-och Trävarutidskr. Finland 29, 1947, s. 113.
16. Stávik J.—Barta J.—Dyr J.: Projektový úkol: «Výroba krmných bílkovin v ZRP Větrní», 1973.

6. КЕРАТИНОВЫЕ ОТХОДЫ

6.1. ВИДЫ КЕРАТИНОВОГО СЫРЬЯ И ЕГО СВОЙСТВА

Кератиновые отходы относятся к сырью животного происхождения. Это части тела животных, значительную долю которых составляет кератин, относящийся к склеропротеннам. Кератин содержится главным образом в пере, коже, шерсти, рогах и копытах.

Он нерастворим в воде и в натуральном виде практически непереварим.

Использование различных способов гидролиза позволяет расщеплять кератин до аминокислот, которые хорошо усваиваются животным организмом. Аминокислотный состав кератина чрезвычайно беден, и это главная причина его низкой биологической ценности. Незаменимые аминокислоты содержатся в нем в малом количестве или не содержатся вовсе (лизин, гистидин, метионин, триптофан). Относительно высок уровень цистина, а также витамина B₁₂.

Из кератиновых отходов для переработки в кормовые гидролизаты в ЧССР практически используют лишь перо. В последние годы в связи с уменьшением использования щетины убойных свиней ведутся поиски эффективных способов переработки этого вида сырья в кормовые средства.

6.2. ПРОИЗВОДСТВО ПЕРА

С ростом выпуска продукции птицеводства мясного направления обострилась проблема утилизации пера. Перо, которое скапливается на птицекомбинатах, представляет собой отходы, которые после соответствующей обработки можно скормливать сельскохозяйственным животным (табл. 28).

Проблема эффективного использования пера (в частности, неводоплавающей птицы) интенсивно изучается во всех странах с развитым птицеводством. Перо составляет 4—7% живой массы забиваемой птицы. Перо водоплавающей птицы частично используется для изготовления перин, некоторых предметов одежды и украшения. Утилизация пера неводоплавающей птицы (70—80% общего количества пера в ЧССР) до сих пор достаточно проблематична, хотя

Таблица 28. Продукция (т) пера неводоплавающей птицы (1970—1978)

Регион, производящий перо	1970	1974	1977	1978
Пражский	640,0	971	1050,2	1073,4
Южночешский	391,4	535,0	714,5	740,1
Западночешский	266,1	388,5	549,5	587,9
Северочешский	458,5	606,5	730,1	823,6
Восточночешский	559,4	732,3	1094,3	1003,0
Южноморавский	884,9	848,4	1351,3	1490,4
Североморавский	517,8	700,9	852,2	923,4
Чехия, всего	3518,1	4782,6	6342,7	6641,8
Западнорусский	799,4	1139,5	1576,3	1804,9
Среднесловацкий	302,4	475,1	760,5	799,2
Восточнорусский	337,5	619,0	904,7	1036,4
Словакия, всего	1439,3	2233,6	3241,5	3640,5
Итого	4957,4	7016,2	9584,2	10282,3

постоянно ведется работа по внедрению новых способов и направлений использования пера.

Значение и неотложность решения этой проблемы хорошо иллюстрируется некоторыми данными, приведенными в таблицах 29—31.

Таблица 29. Данные о ликвидации пера неводоплавающей птицы в ЧССР (1970—1974)

Предприятие (птицекомбинат)	Ликвидировано, т		Ликвидировано, %	
	1970	1974	1970	1974
Клатовы	190,8	339,5	71,7	87,2
Водняны	391,4	535	100	100
Либуш	169,6	79	52,6	13,7
Пржишовец	422,6	345,5	92,2	57,0
Яромерж	295	294,3	52,9	40,1
Павловице	572,6	786,4	88,6	92,6
Пржероу	311,2	500,9	60,1	70,6
Птицебоенские предприятия	2354,2	2880,6	73,5	65,6
Прага				
Ксаверов	316,2	397	100	100
Чехия, всего	2670,4	3277,6	75,9	68,5
Цифер	665,6	1049,5	83,3	92,1
Зволен	233,7	473,1	77,3	99,5
Кошице	337,5	612,9	100	99,1
Словакия, всего	1236,8	2135,5	85,9	95,6
Итого	3907,2	5413,1	78,8	77,1

Таблица 30. Целевое использование пера (т) неводоплавающей птицы в ЧССР (1970—1974)

Использование	Чехия		Словакия		ЧССР	
	1970	1974	1970	1974	1970	1974
Наполнение перин	148	132	25	—	173	132
Экспорт	396	279	158	130	554	409
Химическая промышленность	273	209	61	60	334	269
Производство кормов	—	1280	—	—	—	1280
Итого	817	1900	244	190	1061	2090

Таблица 31. Использование пера (т) неводоплавающей птицы для производства перьевой кормовой муки (1974)

Предприятие-поставщик	Предприятие-приемщик	
	Збизуби	Жихлинек
Литомержиче	588	—
Пржишовец	196	—
Драхелице	468	—
Либуш	292	—
Черновице	—	315
Жамберк	—	155
Тишице	416	—
Гавличков Брод	236	—
Ческе Будеёвице	243	—
Итого	2409	470

Масштаб использования пера неводоплавающей птицы для производства перьевой кормовой муки все еще очень мал (в 1974 г. на эти цели было использовано лишь 18% пера).

6.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПЕРА И ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА В КОРМОВЫЕ СРЕДСТВА

Наиболее действенным способом обработки кератина является гидролиз в автоклаве под высоким давлением. Первые, не совсем удачные опыты по обработке и скормливанью пера были поставлены почти пятьдесят лет назад. В результате дальнейших опытов было установлено, что белок пера не содержит некоторых незаменимых аминокислот. В 1950 г. был разработан метод гидролиза под дав-

лением, в результате чего кератин разрушался и переваримость протеина резко возрастала [1]. Наилучшие результаты были достигнуты при гидролизе сухого пера под давлением 0,16 Па в течение одного часа. Процесс можно ускорить, если использовать раствор с pH 5,8. Конкретные технологические детали, как правило, патентуются и хранятся в тайне.

Первоначально в ЧССР использовали метод гидролиза пера 1% известковым молоком [4].

На использовании подобного принципа (гидролиз гашеной известью) в пятидесятых годах было осуществлено производство кератиновой муки на сахарном заводе в Роуднице-над-Лабой. Сгущенный гидролизат в смеси с отрубями высушивали на барабанной сушилке, получая так называемую кератиновую дерть.

В начале семидесятых годов в ЧССР был разработан способ получения кормовой перьевой муки в результате комбинированного щелочного (под давлением) гидролиза пера на базе отечественного оборудования (патент № 151602, РГ — 53г/4/02; авторы Шоурек и Петржик).

Эта технология сходна с технологией, широко используемой в Голландии, которая является признанным мировым лидером в данной области.

Определенное количество пера после взвешивания загружается в специальные деструкторы, внутренние стенки которых выполнены из нержавеющей стали, что препятствует дезаминированию возникающих белковых связей.

За счет нагревания и последующей сушки в вакууме перо стерилизуется и теряет до 50% влаги. После выгрузки из деструктора и отделения примесей влажная мука подается в барабанную сушилку, где содержание влаги в ней уменьшается до 6%.

Из 100% влажного пера получается примерно 33% сухой перьевой муки. Полученный продукт перемалывают, охлаждают и складывают.

В ЧССР (Жихлинка) была налажена переработка так называемых эпидермальных отходов (перо, щетина, волосы) в смеси с техническими костями. Физический гидролиз смеси эпидермальных отходов (60%) и костей (40%) осуществляется под давлением (0,5 Па) в деструкторе без использования химических добавок. Получаемый продукт носит название костно-перьевой муки.

Перьевые отходы в ЧССР перерабатываются также в смеси с другими боевыми отходами, например, на Восточно-чешском птицекомбинате Яромерж с использованием импортного оборудования (деструктор фирмы Douglas—Rownsen). Здесь утилизируют кровь, костные отходы (конечности, головы), содержимое жулудка, конфискаты. Получаемый продукт носит название птицебоевской муки. Нормальное течение процесса гидролиза (давление 0,5—0,6 Па) и получение качественного продукта обусловлены правильным соотношением пера (60%) и птицебоевских отходов (40%).

В настоящее время ученые исследуют возможность совместной переработки пера, птицебоевских отходов и рубцового содержимого.

Судя по сообщениям зарубежной печати, проблемам использования пера и других кератиновых отходов во всем мире уделяется большое внимание. Об этом свидетельствует и большое количество патентов в данной области.

Ученые разных стран испытывали различные технологические способы переработки пера. Все они считают, что степень использования перьевого кератина зависит непосредственно от дисульфитной связи цистина. При гидролизе пера эта связь разрушается, значительно облегчая использование протеина. Данный вывод неоднократно подтверждался в опытах по исследованию переваримости *in vitro*.

6.4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ МУКИ ИЗ ПЕРА И ПТИЦЕБОЕВСКИХ ОТХОДОВ

Перьевая мука, а также мука из пера и птицебоевских отходов, несмотря на высокий уровень протеина, бедна некоторыми незаменимыми аминокислотами — метионином, лизином, гистидином и триптофаном. Уровень цистина относительно высок.

При таком дефиците некоторых незаменимых аминокислот оптимальный уровень скармливания перьевой муки зависит от общего содержания и качества протеина в рационе. Опытным путем установлено, что, чем выше содержание полноценного протеина в суточной даче, тем выше может быть не только относительный, но и абсолютный уровень перьевой муки в рационе. Переваримость протеина *in vitro* составляет у перьевой муки 50—80%. Перьевая мука относительно богата витаминами, в частности витамином B₁₂,

витамином В₂, кислотами никотиновой и пантотеновой, холином. По некоторым опубликованным данным, 1 кг перьевой муки содержит 70—85 мкг витамина В₁₂, 2 мг витамина В₂, 9 мг пантотеновой кислоты, 20 мг никотиновой кислоты и примерно 1000 мг холина. Перьевая мука содержит до сих пор неидентифицированный фактор роста, по всей вероятности, неорганического характера.

Для кормления птицы перьевую муку можно использовать без обогащения ее дефицитными аминокислотами в количестве 3—4% от рациона, содержащего примерно 20% протеина. При уровне 22—26% протеина в рационе содержание перьевой муки можно повысить до 6—8%, что составит примерно 20—25% всего протеина. Если кормовую смесь умеренно обогащать метионином или лизином, уровень перьевой муки можно несколько повысить. И напротив, многочисленные исследования показали, что добавка 3% перьевой муки к рациону, содержащему 15% сырого протеина, вызывает снижение продуктивности птицы. Перьевую муку можно вводить в рационы свиней, однако и в этом случае ее нельзя считать поставщиком полноценного белка, а следует использовать с теми же оговорками, что и при кормлении птицы.

В странах с интенсивным птицеводством перьевую муку включают в кормосмеси для откорма птицы на уровне 3%.

К кормовым гидролизатам, содержащим перо, относится также мука из птицебоенских отходов. Структура птицебоенских отходов примерно такова: 30% — отходы от убой цыплят и утят, 26 — кур и гусей, 20% — индеек. Отходы содержат 25—30% пера, 15—17% — крови, остальное — головы, конечности, внутренности. Чистая птицебоенская мука (кафилерная технология) изготавливается из голов, конечностей, внутренностей, неразвившихся зародышей. Содержимое желудка и кишок, а также перо сюда не включают. При использовании деструкторов с большим давлением (0,5—0,7 Па), в птицебоенскую муку добавляют перо, содержание которого зависит от применяемой технологии. Таким образом, получают различные виды птицебоенско-перьевой муки. Их питательная ценность зависит от состава отходов. Нередко мука с высоким уровнем протеина имеет низкий уровень истинного белка при значительном содержании амидного азота (табл. 32—33).

Перьевую, костно-перьевую и птицебоенско-перьевую муку (технология производства которых в СССР еще недостаточно совершенна) исследовали в Центральной биологи-

Таблица 32. Химический состав перьевой муки

Компоненты	Страна-производитель		
	СССР	Голландия	ФРГ
Сухое вещество, %	90,69	92,51	96,08
Вода, %	9,31	7,49	3,92
Протеин (N×6,25), %	82,67	86,38	92,67
Жир, %	2,24	3,06	2,68
Зола, %	6,27	2,50	4,70
Клетчатка, %	0	0,10	0,07
Остаток, нерастворимый в HCl, %	1,26	0,84	0,39
Переваримый протеин (in vitro), %	37,25	49,48	42,97
Белок, %	76,70	81,70	89,36
Амиды, %	5,97	4,68	3,31
Коэффициент переваримости (in vitro)	45	57	46
Кисотно-водородное отношение (мг КОН/100 г)	184	173	170
pH	7,1		5,9

Таблица 33. Химический состав костно-перьевой муки и муки из боенских отходов (%)

Компонент	Костно-перьевая мука	Птицебоенско-перьевая мука	Птицебоенская мука*	Птицебоенская мука**	Птицебоенская мука (Яромерж)
Вода	6,1	4,5	5,8	4,1	9,2
Сухое вещество	93,9	95,5	94,2	95,9	90,8
Протеин (N×6,25)	60,9	51,7	49,0	38,9	73,1
Жир	17,5	24,3	27,6	24,8	8,2
Зола	15,2	16,8	19,8	24,8	6,8
Клетчатка	0,3	2,7	0,8	3,0	0
БЭВ	—	—	3,0	4,4	2,7
Переваримый протеин (in vitro)	44,1	38,1	36,2	28,1	41,7
Коэффициент переваримости протеина	72	70	74	72	56
Белок	48,9	—	42,0	29,1	46,4
Переваримый белок	32,1	—	29,2	18,3	15,0
Амиды	12,0	—	7,0	9,8	26,7
Са	0,40	5,8	2,3	6,6	2,2
Р	0,19	2,7	1,0	1,4	0,9
Обменная энергия, КДж	7104	14392	12948	12780	11684

* — 3 части пера+3 части птицебоенских отходов.

** — 2 части пера+1 часть рубцовых отходов+3 части птицебоенских отходов.

Таблица 34. Содержание аминокислот (%) в перьевой, костно-перьевой и птицебоенско-перьевой муке (%)

Аминокислота	Перьевая мука			Костно-перьевая мука	Птицебоенско-перьевая мука	Птицебоенская мука *	Птицебоенская мука **	Птицебоенская мука (Яромерж)
	ЧССР	Голландия	ФРГ					
Аспарагиновая кислота	5,68	5,52	5,86	3,95	3,54	3,63	3,16	5,02
Треонин	3,72	4,21	4,67	2,52	2,16	2,19	1,79	3,43
Серин	11,22	10,39	11,65	4,90	4,21	4,35	3,29	8,04
Глютаминовая кислота	10,42	9,54	10,16	7,10	6,31	5,89	5,09	8,43
Пролин	8,24	8,72	9,80	5,87	5,67	4,73	3,57	8,29
Глицин	7,68	6,46	6,95	6,35	6,34	4,84	4,41	6,39
Альфа-аланин	4,33	3,91	4,29	3,49	3,32	2,83	2,60	3,84
Цистин	3,29	4,70	5,33	Не определен	Не определен	Не определен	Не определен	3,84
Валин	5,80	5,67	6,07	3,44	2,81	2,96	2,46	5,61
Метионин	1,44	1,32	1,44	0,65	0,60	0,70	0,69	0,55
Изолейцин	3,69	3,79	3,92	2,35	1,91	1,98	1,59	3,16
Лейцин	6,92	6,76	7,14	4,02	3,41	3,56	2,88	5,76
Тирозин	2,32	2,38	2,60	1,58	1,56	1,55	1,22	2,26
Фенилаланин	3,78	3,99	4,16	2,42	2,12	2,12	1,69	3,65
Лизин	1,07	1,92	1,95	1,98	1,76	1,98	1,75	1,96
Гистидин	0,33	0,59	0,60	0,62	0,54	0,69	0,53	0,72
Аргинин	5,16	6,10	6,40	4,13	3,81	3,75	2,70	5,34
Триптофан	—	—	—	—	—	—	—	—

* — 3 части пера + 3 части птицебоенских отходов.

** — 2 части пера + 1 часть отходов + 3 части птицебоенских отходов.

ческой контрольно-испытательной станции и различных сельскохозяйственных НИИ.

Было установлено, что на корм сельскохозяйственным животным можно использовать перьевую, костно-перьевую и птицебоенско-перьевую муку, которую изготавливают в Яромерже. Птицебоенско-перьевую муку, производимую в Брусы, включать в кормосмеси не рекомендовано из-за высокого содержания в ней жира (20%).

6.5. РЕЗУЛЬТАТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ МУКИ ИЗ ПЕРА И ИЗ ПТИЦЕБОЕНСКИХ ОТХОДОВ, ПРОИЗВОДИМОЙ В ЧССР

Перьевая мука. Эталонном для оценки качества перьевой муки и ее продуктивного действия служила перьевая мука, импортированная из Голландии. Для сравнения изучался также состав муки, изготовленной в ФРГ, однако в биологическом опыте ее не испытывали.

Согласно проведенным химическим анализам, мука из ЧССР имеет более низкий уровень сырого и переваримого протеина, повышенный уровень золы, пониженное содержание белка. Наивысший коэффициент переваримости *in vitro* оказался у муки из Голландии (57%), тогда как мука из ФРГ и ЧССР имеет более низкие и примерно одинаковые коэффициенты (46 и 45%). Все отобранные образцы перьевой муки содержат мало метионина, лизина и гистидина, что вообще характерно для этого вида продукции. Перьевая мука из ЧССР, кроме того, отличается гораздо более низким уровнем цистина, лизина, гистидина, аргинина, треонина, но имеет более высокий уровень глицина. Различия между видами перьевой муки, выработанными практически одним и тем же способом, можно объяснить тем, что питательная ценность муки в определенной мере обусловлена видом птицы, перо которой использовали в качестве сырья [10].

Питательная ценность перьевой муки (чехословацкого производства по сравнению с голландской) изучалась в опыте по откорму бройлеров, утят и гусей. Муку включали в количествах 2 и 5% в полноценные кормосмеси. В первом случае перьевая мука заменяла 1% рыбной или 1% мясокостной муки и 1,5% соевого шрота, во втором — 2% рыбной или 2% мясокостной муки и 3% соевого шрота.

При откорме бройлеров (БР₁, БР₂) разницы между

группами в приростах живой массы и затратах корма установлено не было.

Включение в комплексную кормосмесь для откорма бройлеров перьевой муки отечественного (ЧССР) производства и голландской в количестве 5% никак не влияло на продуктивное действие смеси. Перьевая мука из ЧССР (Збизубы) имела такую же питательную ценность, как и голландская. На состояние здоровья цыплят неблагоприятного влияния ни та ни другая мука не оказывала.

Перьевую муку также добавляли в рацион (для бройлеров) с пониженным уровнем кормов животного происхождения. К смеси БР₁ добавляли перьевую муку в количестве 2% вместо 1% рыбной муки и 1% соевого экстрагированного шрота, к смеси БР₂ — в количестве 2,5% вместо 1% мясокостной муки и 1,5% соевого шрота. Опыты показали незначительное, статистически недостоверное снижение приростов (индекс 98,2) при незначительном увеличении затрат кормов на прирост 1 кг живой массы (индекс 102,7).

Полученные результаты свидетельствуют, что включение перьевой муки в неполноценные смеси не должно превышать 2%, причем уровень белков животного происхождения при этом не должен снижаться. Эти результаты подтверждаются многими опубликованными данными о зависимости уровня включаемой перьевой муки от содержания протеина в кормосмеси и наличия необходимого источника белков для обеспечения потребности животных в незаменимых аминокислотах. Влияние 2,5—5%-ной добавки перьевой муки (Збизуба) на продуктивное действие кормосмесей для откорма утят изучалось в двух сравнительных опытах в зимний период при содержании птицы в помещении и трех опытах в летний период при содержании в летнем лагере у водоема.

Перьевую муку включали в полнорационные кормосмеси вместо белковых компонентов животного и растительного происхождения по тому же принципу, что в опытах на бройлерах.

Результаты этих опытов в отличие от опытов на бройлерах показали, что перьевую муку можно использовать без снижения продуктивности до уровня 2,5% во второй фазе откорма.

Включение перьевой муки в стартерные смеси так же, как и высокое (5%) содержание ее в рационе при откорме, оказывали неблагоприятное влияние на биологическую ценность этих смесей.

Испытания перьевой муки в опытах по откорму гусят проводили по той же схеме в трех сравнительных опытах. Полученные результаты, однако, не были однозначны. Они различались в отдельных периодах откорма, а также при различном способе содержания (помещение или летний лагерь). При комплексной оценке результатов опыта был сделан вывод, что смеси с перьевой мукой имели пониженное продуктивное действие. Правда, они благоприятно влияли на оперение и качество пера опытной птицы.

Костно-перьевая и птицебоенско-перьевая мука. Костно-перьевую и птицебоенско-перьевую муку (производство Жихлинек) испытывали на Центральной контрольно-исследовательской сельскохозяйственной станции в опытах на поросятах и по откорму бройлеров.

В опытах на поросятах изучали питательную ценность костно-перьевой и птицебоенско-перьевой мучек, включенных в рацион животных живой массой более 50 кг. Костно-перьевой или птицебоенско-перьевой мукой заменяли 2% кровяного шрота и 1% соевого шрота.

Результаты опыта показали, что такая замена абсолютно не сказалась на продуктивном действии кормосмеси. Более того, в опытных группах наблюдалась тенденция к увеличению среднесуточных приростов массы (1,9 и 4,7%), которые были статистически недостоверны, а также была установлена более низкая затрата корма на единицу прироста массы (1,6 и 3,2%). На состояние здоровья поросят включение перьевой муки не влияло.

В опытах на бройлерах (БР₁ и БР₂) костно-перьевую муку (Жихлинек) включали в рацион при частичном снижении уровня муки животного происхождения. В рационе БР₁ костно-перьевая мука заменяла 1,5% соевого шрота и 1% рыбной муки (в кормосмеси оставалось 2% рыбной муки, 2 — сухого молока, 2% кровяного шрота). В рационе БР₂ костно-перьевая мука заменяла 1,5% соевого шрота и 1% мясокостной муки (в кормосмеси оставалось 1% рыбной муки, 4 — мясокостной муки и 2% сухого молока).

Результаты опыта показали, что в группе БР₁ по сравнению с контрольной группой имелось статистически достоверное ($P < 0,05$) увеличение приростов живой массы (индекс 103,1) и практически одинаковая (индекс 101,0) затрата корма. При использовании комбикорма БР₂ прирост массы увеличивался недостоверно (индекс 102,8) при незначительном снижении затрат корма на 1 кг прироста живой массы (индекс 99,3).

Костно-перьевую муку включали также в комбикорм для утят в количестве 2,5% вместо рыбной и мясокостной муки (Ветеринарный институт в Брно). В таких количествах она оказывала благоприятное влияние на белковый обмен утят.

Птицебоенско-перьевая мука (производство Яромерж). Для производства 1 т сухой муки в качестве сырья берется следующее количество птицебоенских отходов: 544 кг крови, 694 кг пера неводоплавающей птицы, 2040 кг боенских отходов, 26 кг конфискатов.

Эту муку испытывали в опытах на бройлерах (БР₁ и БР₂) при использовании рационов с пониженным содержанием кормов. В рационе БР₁ птицебоенско-перьевая мука заменяла 1,5% соевого шрота и 1% рыбной муки (в кормосмеси осталось 4% рыбной муки, 2 мясокостной муки), в рационе БР₂ мука заменяла 1,5% соевого шрота и 1% мясокостной муки (в кормосмеси оставалось 1% рыбной и 2% мясокостной муки).

Включение 2,5% птицебоенско-перьевой муки в комбикорма БР₁ проявилось статистически достоверным снижением приростов живой массы (индекс 98,2) при незначительном снижении затрат корма на 1 кг прироста живой массы (индекс 99,5). Включение птицебоенско-перьевой муки в комбикорм БР₂ проявилось статистически недостоверным снижением приростов живой массы (индекс 98,3) при одинаковой затрате корма на 1 кг прироста (индекс 100,4).

Кормовая мука из пера и других отходов (производство Брусы). На заводе Брусы в качестве сырья для кормовой муки используются различные птицебоенские отходы. С точки зрения технологии необходимо подобрать такое оптимальное соотношение отдельных составных частей, чтобы конечный продукт можно было включать в комбикорма. Речь идет об уменьшении высокого содержания минеральных веществ (нерастворимая зола) и жира, который вызывает комкование и неомогенность кормосмеси.

В опытах на бройлерах (БР₁ и БР₂) испытывали два вида птицебоенско-перьевой муки. Мука I была изготовлена из 3 частей пера и 3 частей птицебоенских отходов, мука II — 2 частей пера, 1 части рубцовых отходов, 3 частей птицебоенских отходов.

Использование качественного сырья для производства муки I проявилось в повышенном содержании в ней протеина (49,0%) по сравнению с мукой II (38,9%). В обоих

видах муки содержался нежелательно высокий уровень жира (более 20%), а в муке I — и высокий уровень нерастворимой золы (11,7%). Мука II из общего количества золы в 24,8% содержала лишь 6% нерастворимого остатка, а также 6,6% кальция и 1,4% фосфора.

В опыте на цыплятах до 28-дневного возраста кормосмесь, содержащая 2,5% птицебоенско-перьевой муки I, способствовала статистически недостоверному повышению прироста живой массы (индекс 101,7) при незначительном повышении затраты корма (индекс 100,5) на 1 кг прироста живой массы.

У животных в возрасте 29—49 дней кормосмесь БР₂ с уровнем 2,5% муки I вызывала незначительное (статистически недостоверное) снижение прироста живой массы (индекс 98,9) при незначительном увеличении затраты корма на 1 кг прироста живой массы (индекс 101,7).

При оценке птицебоенской муки I за весь период откорма было определено, что ее включение способствовало статистически недостоверному увеличению прироста живой массы (индекс 100,1) при незначительном увеличении затраты корма (индекс 101,5).

Птицебоенскую муку II испытывали в опытах на бройлерах в возрасте 29—49 дней. Эта группа, получавшая комбикорм с уровнем 2,5% муки II, имела такие же приросты массы, как и контрольная группа (индекс 100,4) при заметном снижении затрат корма на 1 кг прироста живой массы (индекс 94,3).

В рамках биологических опытов на Центральной контрольно-исследовательской сельскохозяйственной станции специальная комиссия Государственной инспекции по качеству продуктов питания осуществила органолептическую оценку мяса животных опытных и контрольной групп и не нашла разницы между ними.

Опыты показали, что при благоприятном составе птицебоенской муки и замене ею белковых компонентов рациона в оптимальных количествах такую муку можно использовать на корм животным. С точки зрения технологии сдерживающим фактором является высокое содержание жира в птицебоенской муке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Binkley C. H.—Vasak O. R.: Am. Egg Poult. Rew. 68, 1951, s. 12.

2. Burgos A.—Floyd H. I.—Stephenson E. L.: Poult. Sci. 53, 1974, s. 198—203.
3. Müller R.—Ögüm S.: Arch. Geflügelk. 35, 1971, s. 76—78.
4. Sourek E.: Využití keratinových odpadů. Záv. zpr. 05—18, Výzk. a vývojový ústav místního hospodářství Praha, 1971, s. 32.
5. Varvažovský V.: Ověření produkční účinnosti kompletních směsí pro předvýkrm a výkrm brojlerů s použitím drůbeží krmné moučky. Záv. prot. 262—IV/77. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Praha, 1978, s. 6.
6. Vavák J.—Fischerová J.: Krmivářství, 11—12, 1975, s. 261—263.
7. Vavák J.: Uplatnění pérové v kompletních krmných směsích pro výkrm kachen, hus a brojlerů. Záv. zpráva ÚKZÚK Praha, 1972, s. 26.
8. Vogt H.—Stute K.: Arch. Geflügelk. 33, 1969, s. 126—131.
9. Vogt H.: Arch. Geflügelk. 37, 1937, s. 14—19.
10. Wagner G.: Arch. Tierern. 13, 1963, s. 59.

7. ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ КОЖЕВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кожа состоит из эпидермиса (верхний слой) и дермы. Дерма включает сетчатый слой, образованный плотной соединительной тканью, и сосочковый слой, образованный рыхлой соединительной тканью. В процессе эволюции у животных из покровного слоя развились волосы, щетина, когти, копыта, рога. В кожевнном производстве эпидермис со щетиной (волосами) устраняют щелочной обработкой $[\text{Na}_2\text{S}, \text{Ca}(\text{OH})_2]$.

Дерма — это та часть кожи, которую используют для производства голяя. Она защищает сосочковый слой с железами, мягкие части тела, ее основная составная часть склепропротеин — коллаген.

Сосочковый слой состоит из коллагена и жировой соединительной ткани. В этом слое находятся мышечные волокна, кровяные и лимфатические сосуды, потовые и жировые железы.

При переработке кожи лишь часть ее идет непосредственно на нужды кожевнной промышленности. Эта часть в

Таблица 35. Накопление и использование отходов кожевнного производства в ЧССР в 1977 г. [12]

Вид отходов	Было произведено, т	Использовано, %
Машинная клейковина	25 760	75
Ручная клейковина	7 090	86
Струганная говяжья клейковина	4 670	95
Струганная баранья клейковина	6 890	100
Хромовая стружка	13 030	77
Обезжиренная стружка	200	100
Струганная обезжиренная клейковина	1 400	0
Волосы	380	30
Щетина	150	100
Обрезки хромового голяя	1 000	66
Соскобы со свиных кож	480	96
Отходы шубного производства	1 580	69
Технологические отходы	5 970	15—95
Обрезки различные	150	86

зависимости от типа кожи составляет примерно 40%. Большая часть белка, содержащегося в коже, идет в отходы, особенно при влажной технологии переработки (отходы содержат 20—25% белка сырой кожи). При механической переработке кожи образуются следующие побочные продукты: машинная клейковина (10—15%), ручная клейковина (10%), стружка (20%). Отходы (крошка и пыль) составляют 3—5%, а различные обрезки — примерно 15%. За год в ЧССР накапливается до 80 000 т твердых кожевенных отходов (табл. 35).

Кроме того, при влажной технологии образуется до 18000 т смывных вод, содержащих 30—45% сухого вещества. Твердые отходы частично используют, а примерно 15000 т сжигают или закапывают в землю.

7.1. МАШИННАЯ И РУЧНАЯ КЛЕЙКОВИНА

Подкожная соединительная ткань является ценным сырьем, поэтому при переработке кожи ее собирают при помощи специального оборудования. Этот побочный продукт называется клейковиной. Например, в ГДР клейковину не используют для приготовления клея или желатины и весь годовой сбор этого продукта (115000) идет на корм сельскохозяйственным животным.

7.1.1. СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И АМИНОКИСЛОТ В МАШИННОЙ КЛЕЙКОВИНЕ

В таблице 36 приведено содержание питательных веществ в машинной клейковине по результатам исследований 16 образцов [8].

Таблица 36. Содержание питательных веществ (%) в машинной клейковине

Показатели	Сухое вещество	Сырой протеин	Жир	БЭВ	Зола
Среднее значение	28,4	8,6	18,1	0,3	1,4
Среднеквадратическое отклонение	13,0	1,6	13,1	0,5	0,3
Минимальное значение	14,1	6,7	5,3	0,0	1,0

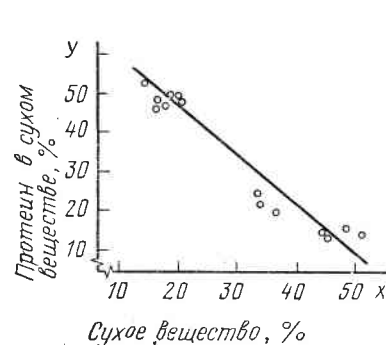


Рис. 3. Корреляция между содержанием сухого вещества и сырого протеина.

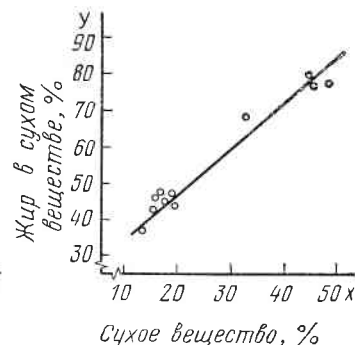


Рис. 4. Корреляция между содержанием сухого вещества и сырого жира.

Результаты статистической обработки свидетельствуют о большой вариабельности содержания сухого вещества, протеина и жира. Корреляция между содержанием сухого вещества и содержанием протеина и жира в сухом веществе показана на рисунках 3 и 4. Зависимость между содержанием сухого вещества (X) и содержанием сырого протеина в сухом веществе (Y) можно выразить уравнением:

$$Y = 70,60 - 1,19X \quad (Z = 0,92; P < 0,001).$$

Из уравнения видно, что при повышении уровня сухого вещества на 1% уровень сырого протеина относительно сухого вещества снижается на 1,19%.

Зависимость между содержанием жира в сухом веществе (Y) и содержанием сухого вещества (X) выражается уравнением:

$$Y = 21,01 + 1,26X \quad (Z = 0,93; P < 0,001).$$

Так как машинную клейковину трудно гомогенизировать (необходимое условие для проведения анализов), то целесообразно определять в ней содержание сухого вещества, а затем по приведенным уравнениям рассчитывать уровень сырого протеина и жира. Полученные данные практически совпадают с реальными, так как коэффициенты корреляций в обоих случаях весьма высоки ($Z_1=0,92$; $Z_2=0,93$).

Содержание золы в клейковине зависит от интенсивности промывания. Высокий уровень золы обусловлен повышенным содержанием Са, особенно в тех случаях, когда сырье предварительно обрабатывают растворами Na_2S и

Ca(OH)₂. Высокое содержание кальция в рационах свиней в отдельных случаях приводит к паракератозу у животных.

В таблице 37 приведено содержание аминокислот в клейковине различной чистоты. Этот состав в основном соответствует аминокислотному составу желатинины. По содержанию лизина клейковина гораздо беднее мяса. Низкий уровень триптофана в клейковине можно объяснить тем, что в остатках мышц, кровяных сосудов, а также в потовых и жировых железах его содержится очень мало. При относительно низком содержании некоторых аминокислот по сравнению со свиной и полным отсутствию цистина уровень глицина весьма высок. При добавке машинной клейковины в корма высокий уровень глицина не оказывает неблагоприятного действия на обмен веществ у животных, так как в процессе пищеварения легко превращается в другие соединения.

Таблица 37. Содержание аминокислот в сыром протеине (г/100 г протеина) машинной клейковины, ручной клейковины и хромовых обрезков по данным различных авторов [8; 16]

Аминокислота	Машинная клейковина			Ручная клейковина	Хромовые обрезки
	М	т	М	М	М
Протеин в сухом веществе, %			9,03	13,6	12,4
Лизин	4,14	0,26	2,06	3,38	3,67
Аргинин	7,58	0,37	4,35	7,13	8,73
Гистидин	1,16	6,11	0,77	0,72	0,57
Триптофан	0,23	0,02	—	—	—
Треонин	2,04	0,17	2,20	1,63	1,68
Валин	2,51	0,22	3,50	2,49	3,32
Лейцин	3,05	0,27	3,21	3,21	2,02
Изолейцин	2,00	0,18	1,48	1,18	1,24
Метионин	1,03	0,10	0,84	0,81	0,62
Цистин	0,00	0,00	—	—	1,59
Фенилаланин	2,31	0,14	1,75	2,39	2,52
Тирозин	1,04	0,08	1,02	1,73	1,69
Глицин	21,47	0,72	14,82	16,52	12,61
Пролин	11,58	0,44	12,33	11,55	13,73
Гидроксипролин	9,82	0,53	—	—	—
Аланин	8,22	0,57	8,29	9,50	8,55
Серин	3,37	0,18	3,63	2,75	2,99
Глутаминовая кислота	9,91	0,62	10,99	8,47	9,32
Аспарагиновая кислота	5,40	0,33	7,41	5,23	6,63

7.1.2. ПЕРЕВАРИМОСТЬ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ МАШИНОЙ КЛЕЙКОВИНЫ

Переваримость питательных веществ машинной клейковины изучали в опытах на поросятах [8]. Переваримость органических веществ ошелоченной машинной клейковины оказалась примерно равной переваримости ячменя (табл. 38).

Таблица 38. Переваримость (%) машинной клейковины

Питательные вещества	Переваримость	
	машинная клейковина	ячмень
Органические вещества	81,4	83,5
Азотсодержащие вещества	56,2	80,4
Жир	100,0	63,8

Щелочная обработка неблагоприятно сказывается на переваримости клейковины. Коэффициент переваримости протеина неошелоченной вареной клейковины (для поросят) был примерно на 13% выше, чем вареной ошелоченной [28]. На рисунке 5 показаны различные виды машинной клейковины [9].

В 1 кг сухого вещества машинной клейковины для свиней содержится 1687 энергетических кормовых единиц (ЭКГ).

Более высокая энергетическая ценность машинной клейковины по сравнению с ячменем объясняется тем, что уровень жира в машинной клейковине достигает 63,7% от сухого вещества и полностью переварим.

7.1.3. ОЦЕНКА ОПЫТОВ ПО СКАРМЛИВАНИЮ МАШИНОЙ КЛЕЙКОВИНЫ

Хорошие результаты, полученные при использовании в качестве корма машинной клейковины, богатой жиром, можно объяснить не только ее белковостью, но и высоким уровнем энергии.

Быстро растущие животные (бройлеры, утята, поросята) более эффективно реализуют свою генетически обусловленную способность к росту при обогащении рациона кормовым жиром. С другой стороны, результаты опытов с откармливаемыми поросятами свидетельствуют, что протеин дан-

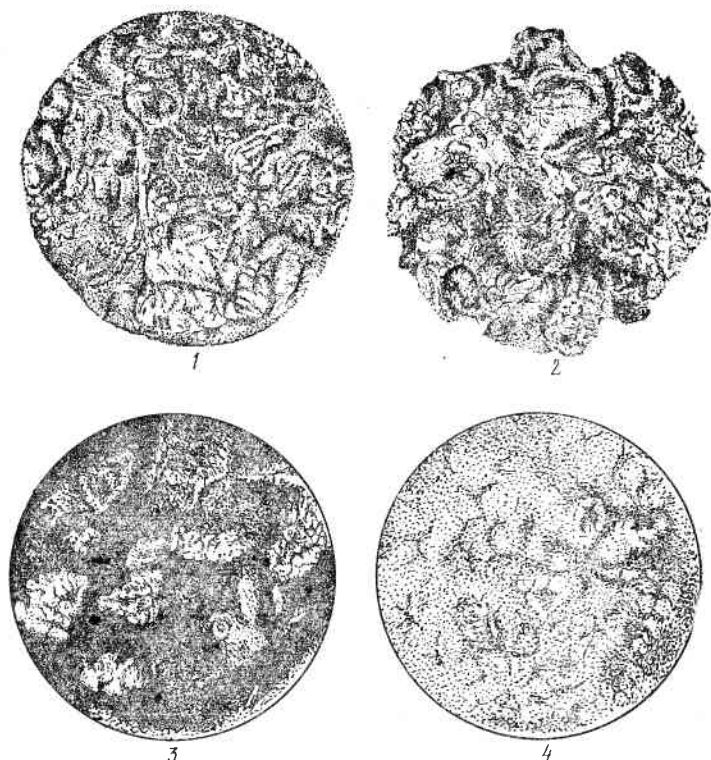


Рис. 5.

1 — неощелоченная сырая машинная клейковина; 2 — ошелоченная сырая машинная клейковина; 3 — неощелоченная автоклавированная машинная клейковина; 4 — ошелоченная автоклавированная машинная клейковина.

ного побочного продукта не может в полной мере заменить корм, содержащий биологически полноценный белок. Следовательно, машинную клейковину необходимо смешивать с другими кормами для повышения уровня незаменимых аминокислот.

7.1.4. ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО БЕЛКОВЫХ КОРМОСМЕСЕЙ НА БАЗЕ МАШИННОЙ КЛЕЙКОВИНЫ

Так как предприятия кожевенной промышленности расположены в основном в Словакии и на юге ГДР, целесообразно производство белковых кормовых смесей осуществ-

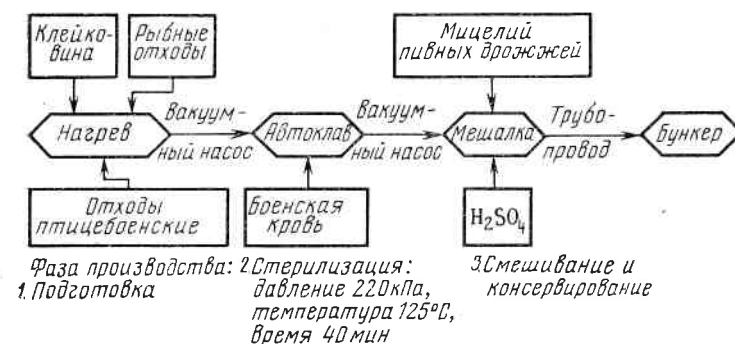


Рис. 6. Схема технологического процесса производства белковой кормосмеси.

лять в тех же районах на специальных перерабатывающих заводах. Основу таких смесей составляет машинная клейковина в сочетании с другими побочными продуктами, имеющими хороший аминокислотный состав, в частности высокий уровень лизина. В ГДР (районы г. Гера и г. Дрездена) построены заводы по переработке машинной клейковины и пищевых отходов. Так как большая часть сырья имеет мягкую, кашеобразную и даже жидкую консистенцию, содержит неодинаковое количество сухого вещества, а также различается по структуре, сушка его обходится весьма дорого. Схема технологического процесса переработки побочных продуктов в белковую кормосмесь на предприятии Mischfutterwerk (ГДР) приведена на рисунке 6. Состав получаемой смеси дан в таблице 39.

Таблица 39. Содержание исходных компонентов (%) в белковой кормосмеси

Машинная клейковина	37,4	Мицеллий	7,3
Птицебоенские отходы	17,6	Сыворотка	4,3
Кровяная мука	17,2	Рыбные отходы	3,2
Пивные дрожжи	11,4	Серная кислота	1,6

Ежесуточно производится 800 т белкового силоса, содержащего: сухое вещество — 22,6%, протеин и жир в сухом веществе — 40,7 и 42,9% соответственно. Белковая смесь отличается высокой биологической ценностью. В 100 г про-

теина содержится 6,2 г лизина, 6,4 г аргинина, 1,4 г метионина, 2,0 г цистина и 3,6 г треонина.

Состав белковой кормосмеси приведен в таблице 40. Рекомендуются скормливать следующее количество кормосмеси в расчете на одно животное в сутки: поросята-отъемыши — 50—300 г; откармливаемые поросята — 300—500 г; племенные поросята — 1000—1500 г [8; 21].

Таблица 40. Среднее содержание питательных веществ и некоторых аминокислот (г/кг) в белковой смеси

Питательные вещества	Среднее содержание	г	Аминокислоты	Среднее содержание	г
Сухое вещество	226	48	Лизин	4,55	0,21
Сырой протеин	92	25	Аргинин	5,29	0,35
Жир	97	23	Метионин	1,05	0,12
БЭВ	5	4	Цистин	1,52	0,17
Зола	32	13	Треонин	2,66	0,22

7.2. ОТХОДЫ ХРОМОВЫХ КОЖ

Для выделки кож используют раствор двуокиси хрома или хлористого хрома, ошелоченного содой. При этом кожа связывает в зависимости от толщины 1,5—3,0% Cr_2O_3 в виде основных солей. В процессе выделки протеин кожи и хромистые соли образуют молекулярные связи. В волокнах кожи атомы хрома реагируют с протеиновыми цепочками, образуя комплексные связи и способствуя упрочению мицеллярной и фибриллярной структур. Это значительно повышает качество и потребительскую ценность кожи, но создает трудности при переработке коллагена отходов для кормовых целей.

7.2.1. ВИД ОТХОДОВ

При производстве хромовых кож образуется: хромовая крошка; хромовая стружка; крашенные обрезки.

Хромовая крошка образуется при нарезке кож на отдельные куски.

При «обстругивании» кожи — выравнивании ее толщины — появляются стружки длиной примерно 10 см, которые обычно смешиваются с тонкими пылевидными отходами.

Крашенные обрезки возникают на кожевенных заводах и предприятиях перерабатывающей промышленности при нарезке выделанной и обработанной кожи. Из-за малых размеров и потрескавшейся поверхности они непригодны для промышленного использования. В их состав входят жир, пигменты, различные красители. Вещества, используемые при обработке кожи, частично токсичны, поэтому вопрос переработки крашенных кожевенных отходов в кормовые средства далек от своего полного решения.

7.2.2. СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ХРОМОВЫХ КОЖЕВЕННЫХ ОТХОДАХ

В таблице 41 приведен состав некоторых кожевенных отходов по результатам анализа различных образцов [26].

Таблица 41. Содержание питательных веществ (%) в кожевенных отходах

Вид отходов	Сухое вещество		Сырой протеин		Жир		Зола	
	%	г	%	г	%	г	%	г
Свежая крошка	39,86	1,07	32,24	0,87	0,37	0,03	6,78	0,10
Складированная крошка	61,65	1,78	49,97	1,11	0,54	0,04	11,0	0,15
Свежая стружка	39,06	1,45	42,43	0,84	0,17	0,02	5,38	0,09
Складированная стружка	65,41	1,88	54,83	1,23	0,44	0,05	8,92	0,11
Крашенные отходы	73,60	2,01	53,92	1,33	10,38	0,61	9,28	0,13

Крошка и стружка в зависимости от срока хранения содержат 40—65% сухого вещества, незначительное количество жира; зола состоит в основном из солей хрома. Сухое вещество содержит 80—85% сырого протеина. Для крашенных отходов характерен непостоянный состав. Хромовая стружка дефицитна прежде всего по метионину, изолейцину и лейцину.

7.2.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХРОМОВЫХ КОЖЕВЕННЫХ ОТХОДОВ

Хромовые кожевенные отходы могут быть использованы следующим образом:

- переработка в новый волокнистый материал;
- производство клея и желатины;
- переработка на гидролизаты;
- производство кормов.

Отходы, предназначенные для производства кормов, должны пройти предварительную обработку.

7.2.4. ОБРАБОТКА ХРОМОВЫХ КОЖЕВЕННЫХ ОТХОДОВ

Удаление хрома из отходов целесообразно экономически (вторичное получение металла), а также необходимо для получения сбалансированного рациона, хотя небольшое количество хрома в корме считается вполне допустимым.

Предварительная обработка необходима и для того, чтобы коллагеновый протеин мог частично разложиться и стать доступным для пищеварения. Существует несколько основных способов устранения хрома из кожевенных отходов:

- замачивание или варка стружки и механически нарезанной крошки в воде (1);
- обработка отходов с помощью концентрированных щелочей или кислот (2);
- экстракция соединений хрома из еще не обработанных отходов с помощью неорганических или органических кислот (3);
- обесхромливание кислотами после длительной предварительной обработки щелочами или гидроксидом кальция (4);
- окисление хромистых солей в легкорастворимые основные хроматы с последующим вымыванием их (5);
- гидролиз кожного коллагена за счет одновременного воздействия слабых щелочей и давления (6).

Метод 1 в нашем случае неприемлем, так как денатурированный кожный коллаген после замачивания или варки в воде становится непереваримым.

Методом 2 достигается разложение протеина, что значительно облегчает функцию пищеварительных ферментов, но открытым остается вопрос, до какой степени абсорбируются

соединения хрома и в какой мере он откладывается в органах и тканях животных. Метод 5 является неэкономичным, так как используемые химикаты весьма дороги. Перспективными считаются методы 3, 4, 6, основанные на двух принципах: очистка вторичного сырья за счет растворения солей хрома, причем структура кожи сохраняется; гидролиз и деструкция кожной массы с осаждением соединений хрома при помощи слабых щелочей, температуры и давления.

7.2.4.1. ОБРАБОТКА СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ

Хромовую стружку смешивали в соотношении 1 : 4 с 5%-ным раствором серной кислоты и подогревали до 25°C при постоянном помешивании. После обработки полученную массу промывали в проточной воде в течение двух часов. Результаты опытов приведены в таблице 42.

Таблица 42. Влияние различных химикатов, в зависимости от продолжительности воздействия, на содержание хрома в кожевенной стружке (Cr_2O_3 в % от сухого вещества)

Продолжительность воздействия, ч	5% H_2SO_4	2,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + 5% H_2SO_4	Продолжительность воздействия, дни	2,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + 5% H_2SO_4	2,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + 5% H_2SO_4
0	4,3	4,3	0	4,3	5,2
2	3,8	3,7	2	0,7	1,5
4	3,4	2,5	4	0,5	0,5
8	3,0	2,2	8	0,3	0,4
16	2,3	1,7	10	0,2	0,4
32	2,0	0,8	12	0,2	0,4
64	2,0	0,8	14	0,2	0,4

Азотистые вещества, содержащиеся в гидролизате, имели переваримость *in vitro* 92%. С изменением концентрации серной кислоты (10%, 20, 30%) уровень хрома не снижался.

7.2.4.2. ОБРАБОТКА ГИДРООКИСЬЮ КАЛЬЦИЯ И СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ

Хромовую стружку смешивали в соотношении 1 : 4 с 2,5%-ным раствором $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и подогревали до 25°C при постоянном помешивании, а затем в течение двух часов промывали в проточной воде. После промывки обрабаты-

вали серной кислотой и снова два часа промывали в проточной воде. Этим методом (обработка длилась 64 часа) удалось устранить 81% хрома (табл. 44). Переваримость протеина в полученном продукте составила *in vitro* 89%.

В других опытах отходы выдерживали в растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и H_2SO_4 в течение 14 дней при ежедневном 30-минутном перемешивании. На 11-й день содержание хрома составило в стружке 4,6%, а в крошке — 7,7% от первоначального уровня. Содержание хрома при более длительной обработке уже не изменялось. Из стружки хром удался быстрее, чем из крошки.

7.2.4.3. ГИДРОЛИЗ КОЖНОГО КОЛЛАГЕНА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДАВЛЕНИЯ И ХИМИКАТОВ

Отходы, обработанные гидроокисью кальция, но содержащие повышенное количество хрома, хотя и можно, но с точки зрения охраны окружающей среды использовать не рекомендуется. Кроме того, желательно вторичное получение металла. Поэтому был предложен одновременный способ щелочной обработки кожевенных отходов и удаления из них хрома. Сущность процесса заключается в следующем. Отходы по железной дороге или автомобилем доставляют сначала на склад, а после замачивания — в автоклав. Здесь на 100 кг отходов добавляют 5—10 кг $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 500—1000 л воды. Обработка ведется в течение двух часов при давлении 196 кПа и температуре 130°C. Коллаген растворяется, и хромовые соли можно удалить при помощи ротационного фильтра, седиментации или сепаратора непрерывного действия. Раствор коллагена сгущают в отпаривателях или при помощи специального компрессора. Конечный продукт можно получать как в жидком, так и сухом виде.

7.2.5. ПЕРЕВАРИМОСТЬ ХРОМОВЫХ КОЖЕВЕННЫХ ОТХОДОВ

Опыты по изучению переваримости хромовых кожевенных отходов были поставлены на откормочных поросятах и бройлерах [10].

Опыт на поросятах. Опытная группа состояла из четырех животных. Вначале определяли переваримость протеина ячменя, а затем переваримость смеси ячменя с коллагеновым гидролизатом. Переваримость сырого протеина гидро-

лизата определяли дифференцированным методом. Гидролизат, приготовленный из крошки и стружки (обработка раствором $\text{Ca}(\text{OH})_2$), имел следующий состав: сухое вещество — 44,9%, сырой протеин — 38,8, зола — 6,1%. Ежедневно каждому животному скармливали 400 г гидролизованного кожного коллагена. В этом случае на азот кожевенных отходов приходилось 53,2% от общего количества азота рациона. Величина истинной и кажущейся переваримости протеина ячменя была значительно выше ($P < 0,01$), чем соответствующие показатели для кожного коллагена (табл. 43).

Таблица 43. Средние показатели (%) истинной и кажущейся переваримости протеина ячменя и кожного гидролизата

Показатель	Ячмень		Кожный гидролизат	
	М	т	М	т
Истинная переваримость	81,5	3,4	73,9	1,6
Кажущаяся переваримость	72,0	2,5	66,2	1,0

Опыт на бройлерах. 16 цыплят трехнедельного возраста разделили на четыре группы. В кормовых рационах протеин арахисового экстрагированного шрота заменяли коллагеном из хромовой кожи. Коллагеновый гидролизат (щелоч-

Таблица 44. Средние показатели кажущейся переваримости и биологическая ценность протеина рациона бройлеров

Показатели	Группы							
	1		2		3		4	
	Содержание кожного коллагена в общем количестве протеина корма, %							
	0		9,4		18,6		28,2	
	М	т	М	т	М	т	М	т
Кажущаяся перераваримость протеина, %	86	1,1	84	1,1	85	2,3	86	0,9
Биологическая ценность, %	69	3,3	67	6,7	65	8,0	64	6,2

ная обработка хромовой крошки) содержал сухого вещества — 27,6%, протеина — 25,9%. Результаты опыта представлены в таблице 44.

Разница в биологической ценности протеина была статистически недостоверной ($P > 0,05$). Из этого следует, что при данном методе обработки кожевенных отходов была достигнута высокая переваримость протеина, которая соответствует показателям переваримости других полноценных белковых кормов.

7.2.6. НАКОПЛЕНИЕ ХРОМА В ТКАНЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

При скормлинии кожевенных отходов, содержащих хром, продукты животноводства, предназначенные для потребления человеком, должны быть абсолютно безвредными, уровень остаточного хрома не должен превышать физиологических норм. В медицине известны случаи хронических заболеваний, а также острых отравлений, причиной которых являлось повышенное содержание хрома в производственной среде.

Известно, что шестивалентные соединения хрома токсичны, тогда как трехвалентные — нет. В отдельных опытах овцам в течение четырех недель скормливали как необработанные кожевенные хромовые отходы, так и обработанные щелочью, содержащие 0,3% Cr_2O_3 в сухом веществе. Клинически симптомов каких-либо заболеваний обнаружено не было [24].

В опыте на 20 поросятах (живая масса 20—130 кг), разделенных на две группы, животным скормливали коллагеновые гидролизаты из хромовых кожевенных отходов, содержащих 0,13% Cr_2O_3 [14]. В течение этого сравнительно продолжительного периода состояние здоровья поросят, а также качество убойной продукции были без отклонения от нормы.

В последнее время большее значение придают контролю за уровнем отложения хрома в различных органах и тканях. В опыте с откармливаемыми поросятами (см. раздел 7.2.5) определяли содержание хрома в мышцах, печени, почках и щетине (табл. 45).

В целом содержание хрома в тканях и органах поросят можно считать весьма незначительным.

Уровень хрома в организме животных в значительной степени зависит от способа обработки кожевенных отходов.

Таблица 45. Среднее содержание хрома в кормосмесях, мясе, печени, почках и щетине (мг/кг сухого вещества)

Образец анализа	Группа							
	1		2		3		4	
	М	м	М	м	М	м	М	м
Кормосмесь	0,15		11,52		8,25		0,13	
Мясо	0,17	0,04	0,52	0,15	0,34	0,08	0,17	0,06
Печень	0,34	0,08	3,70	0,75	3,28	0,27	0,30	0,22
Почки	0,64	0,07	17,07	2,21	9,92	1,77	0,41	0,08
Щетина	0,14	0,03	3,96	0,29	2,62	0,54	0,10	0,03

В таблице 46 приведены результаты кормленческих опытов с птицей [10; 25; 26]. При кислой выделке и, предположительно, при дополнительном окислении щелочных гидролизатов повышается растворимость соединений хрома, а следовательно, и всасываемость их в пищеварительном тракте животных. Сернистый хром может ресорбироваться из организма, CrO_2 такой способностью не обладает. Поэтому кислый гидролиз кожевенных отходов использовать не рекомендуется.

Таблица 46. Содержание хрома в некоторых органах птицы в зависимости от уровня хрома в скормливаемых гидролизатах

Способ обработки хромовых кожевенных отходов	Содержание хрома, мг/кг сухого вещества				
	Корм	почки		печень	
			в % относительно к корму		в % относительно к корму
H ₂ SO ₄	632	8,20	1,30	4,27	0,68
NH ₃	84	1,01	1,20	0,26	0,31
CaO	162	0,03	0,02	0,02	0,01
CaO	1400	1,00	0,07	0,40	0,03
Контрольная группа	0,07	0,09			

Из-за высокого содержания белка уровень кожного гидролизата в кормосмеси не должен превышать 5% в сухом веществе.

7.3. ГЛУТИН

Из отходов кожевенного производства после их гидролиза получают серо-коричневый порошок, содержащий: влаги — не более 10%, азота — не менее 12, золы — более 12, жира — не более 1,0%. Гидролизат глутина начал использоваться в качестве компонента белковых кормосмесей еще в 1953 г. В ЧССР он входит в состав белковых концентратов для племенных свиней в количестве 2—3%.

7.4. БЕЛКИ ИЗ РАСТВОРОВ ЩЕЛОКОВ

7.4.1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЩЕЛОКОВЫХ БЕЛКОВ

В процессе выделки кож при озолении 4—8% белка сырой кожи переходит в жидкие отходы. Согласно нормам ЧСП 133077, этот белок может быть использован в кормлении сельскохозяйственных животных. Отработанные щелоковые растворы окисляют серной кислотой до pH 3,4—4, осаждая при этом белок. Затем при помощи центрифуг или фильтров его отделяют и сушат. На кожевенных заводах ЧССР ежегодно можно получать до 4000 тонн щелоковых белков.

7.4.2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЩЕЛОКОВЫХ БЕЛКОВ

Состав щелоковых белков в значительной степени зависит от особенностей используемого сырья и технологии. При сепарации на центрифуге с большим числом оборотов получают качественный продукт, содержащий (в % от сухого вещества): азота — 8,3—13, жира — 6, золы — 6 (в основном сернокислого кальция) [6].

Аминокислотный состав различных образцов щелоковых белков приведен в таблице 47. Содержание микроэлементов равно (мг/кг): медь — 0,19, цинк — 0,39, марганец — 0,086, железо — 3,25, хром — 0,09. Продукт содержит 30—35% кератенов (растворимых белков, образовавшихся из кератина за счет расщепления дисульфитных связей), 30—45% мукопротеинов, содержащих дерматан и кератан сульфаты, 15—20% неомогенных фракций, состоящих из 10—15 компонентов [4]. Мукопротеины кожи богаты лизинном (до 10,2%).

Таблица 47. Аминокислотный состав щелоковых белков [4]

Аминокислота	Образец					
	1	2	3	4	5	6
Содержание сухого вещества, %	86,65	87,95	85,96	88,50	88,23	87,46 ± 1,10
Содержание азота в сухом веществе, %	10,36	13,07	9,47	8,30	9,38	10,12 ± 1,81
в % от протеина						
Лизин	3,94	3,40	3,20	2,30	4,65	3,64 ± 0,27
Гистидин	1,20	1,00	1,00	0,9	0,85	0,78 ± 0,15
Аргинин	9,02	8,5	9,25	8,8	9,56	9,62 ± 0,77
Аспарагиновая кислота	6,80	6,85	6,60	4,90	7,50	8,12 ± 0,11
Треонин	15,73	5,40	5,50	6,30	5,34	5,42 ± 0,45
Серин	5,70	5,75	6,0	6,95	4,95	8,17 ± 0,33
Глютаминовая кислота	14,40	14,15	14,18	12,95	18,65	19,47 ± 1,09
Пролин	7,47	5,25	5,40	6,80	5,75	6,60 ± 0,51
Глицин	3,88	2,75	2,60	2,80	4,03	3,88 ± 0,26
Аланин	3,34	3,10	3,10	2,60	4,36	3,48 ± 0,27
Цистин	7,09	7,45	7,45	9,70	8,38	9,16 ± 1,92
Валин	6,04	4,50	4,70	4,50	4,76	6,05 ± 0,72
Метионин	0,25	0,60	0,60	0,30	2,00	1,08 ± 0,28
Изолейцин	4,43	3,45	3,40	2,95	3,74	3,29 ± 0,19
Лейцин	8,65	7,00	7,20	5,60	8,19	8,66 ± 0,27
Тирозин	6,12	3,90	3,70	3,40	2,64	2,78 ± 0,59
Фенилаланин	5,09	2,35	2,20	1,95	2,47	2,66 ± 0,26

7.4.3. ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ЩЕЛОКОВЫХ БЕЛКОВ

Опыты по скормливанию щелоковых белков цыплятам показали вредное влияние хлоридов кальция, образующихся при окислении отработанных щелоковых растворов соляной кислотой. Это обстоятельство вынудило внести некоторые изменения в производственную технологию. Опыты, выполненные в научно-исследовательском институте кормления животных в Погоржелицах, показали, что щелоковый белок может до определенной степени заменять в кормосмесях рыбную муку. В двух кормленческих опытах живая масса бройлеров, получавших комбикорм БР-2, в котором 2% белка животного происхождения заменяли соответствующим количеством щелокового белка, была на 3,8 и на 6,3% выше по сравнению с контрольной группой при снижении затрат корма на 2 и 4% и снижении стоимости кормов на 0,7 и 2,8% соответственно. Щелоковый белок в

таким количестве не оказывал неблагоприятного влияния на показатели откорма, химический состав и качество мяса [18]. В балансовом опыте на бройлерах в возрасте 3 и 6 недель изучалось влияние замены рыбной муки щелоковым белком и машинной клейковиной в комбикормах БР-1 и БР-2 на переваримость и биологическую ценность корма [20]. Было установлено, что корм с заменой 2% животного белка щелоковым белком имел более высокую биологическую ценность и не оказывал неблагоприятного влияния на химический состав и качество убойной продукции. В промышленном опыте на бройлерах (возраст 22—49 дней) был использован комбикорм БР-2, содержащий 2—6% щелокового белка [22]. Результаты откорма в группе, где в рацион входило 2% щелокового белка, были следующими: живая масса в возрасте 49 дней — 1531 г (1545 г — в контрольной группе), затраты корма 1 кг прироста — 2,19 кг (2,45 кг — в контрольной группе). Качество убойной продукции было в пределах нормы. Однако более высокий уровень щелоковых белков в комбикорме оказывал неблагоприятное воздействие на изучаемые показатели.

Для определения питательных свойств и возможной токсичности щелоковых белков был выполнен комплексный тест на японских перепелках и некоторых лабораторных животных [5; 7]. Две группы японских перепелок кормили в одной родительской и трех последующих поколениях изопроteinовыми кормосмесями, в которых часть животного белка была заменена щелоковыми белками (ЩБ) таким образом, что содержание ЩБ в опытных кормосмесях составило 3,5 и 7%. Одна группа служила контролем и ЩБ не получала. В опыте изучали рост, сохранность, выводимость и затрату корма на прирост живой массы.

У животных в трех поколениях выполняли гематологические, биохимические, патоморфологические, гистологические и гистохимические исследования, определяли биологическую ценность опытных смесей и органолептические свойства мяса перепелок. Мясо опытных перепелок тестировали на крысах, определяя его биологическую ценность [2].

В опытах на цыплятах дополнительно изучали:
— общую протеосинтетическую активность мышц и интенсивность роста как показатель общего влияния ЩБ на динамику белкового обмена;
— рибосомальную активность мышечной ткани;
— активность глутаматдегидрогеназы и ксантин-гидроге-

назы — ферментов первой и последней ступеней катаболизма аминокислот птицы.

В первых двух поколениях японских перепелок, которым скармливали смеси, содержащие ЩБ, не было статистически достоверной разницы в росте или яйценоскости. Сохранность во второй группе (7% ЩБ) была несколько хуже, чем в первой и контрольной. Гематологические исследования, а также биохимические анализы на содержание глюкозы и белка в крови не обнаружили какого-либо неблагоприятного влияния на эти показатели рациона с включением ЩБ [7]. При скармливании щелокового белка наблюдали сдвиги в спектре серусодержащих белков, а именно: снижение уровня альфа-альбуминов и гамма-глобулинов и повышение уровня альфа-глобулинов и бета-глобулинов [19]. Патоморфологические исследования отклонений от нормы не выявили.

У ферментов, исследованных гистоэнзимологическим методом, наблюдали определенные различия в активности аминопептидазы и неспецифической холинэстеразы в цитоплазме эритроцитов и в активности кислой фосфатазы пищеварительного аппарата.

Питательная ценность белков кормосмесей, в которых высокоценные белки заменяли щелоковым белком в количестве 12,5%, 25 и 100%, не зависела от уровня ЩБ [5]. Повышенное содержание ЩБ на 30% (статистически достоверно) снизило НПО (нетто-протеиновое отношение). Различия по другим показателям не были статистически достоверными.

Биологические показатели, отражающие интенсивность протеосинтеза на молекулярном уровне, оставались в пределах нормы при замене 25% белка рациона щелоковым белком. Качество убойной продукции в опытных группах было хорошим [7].

Биологическая ценность и аминокислотный состав мяса перепелок, которые получали с кормосмесью 3,5% ЩБ, не отличалась от соответствующих показателей мяса контрольной группы. При более высоком уровне ЩБ мясо перепелок имело более низкую биологическую ценность [2].

Результаты опытов на японских перепелках и других видах птицы показывают, что щелоковый белок можно включать в состав комбикорма для старших возрастных групп птицы в количестве 2% от массы комбикорма [18; 22].

7.5. ГИДРОЛИЗАТЫ КОЖ

- Из кожевенных отходов путем гидролиза получают:
- в г. Трутнов (завод Кара) из отходов шубного производства так называемый караглутин;
 - в г. Новый Йичин из отходов переработки заячьих и кроличьих шкур так называемый тонамин.

Предполагается, что на этих заводах можно получать около 1300—1400 т гидролизата в год. Гидролизат сушат на гигроскопическом материале (например, отруби или сенная мука). Состав караглутина и тонамина приведен в таблице 48. Бройлерам скармливали комбикорма БР-1 и БР-2,

Таблица 48. Состав гидролизатов караглутина и тонамина (3)

Компоненты	Караглутин	Тонамин
Вода, %	68,3	67,4
Сырой протеин, %	18,8	21,7
Сырой жир, %	7,5	6,4
Зола, %	1,2	4,5
Треонин*	3,14	3,07
Глутаминовая кислота	13,43	11,24
Валин	4,46	4,04
Метионин	1,47	1,40
Изолейцин	2,5	2,16
Тирозин	2,94	2,52
Фенилаланин	2,89	2,84
Лизин	4,56	4,20
Гистидин	0,68	1,01
Аргинин	9,8	7,66

* — содержание аминокислот дано в % от сырого протеина.

в которых заменяли 20—25 и 30—40% протеина животного происхождения протеином изучаемых гидролизатов. Гематологические и биохимические исследования показали, что тонамин более пригоден и ценен в качестве кормового средства, чем караглутин. Им можно заменять до 20% протеина животного происхождения в комбикорме БР-1 и 30% — в БР-2. При этом, однако, наблюдали ухудшение по некоторым гематологическим показателям крови.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blažej A.—Galatik A.—Minařík A.: Způsob izolace bílkovinové hmoty z odpadních koželužských loužicích lázní ČSP 137077, 1969.

2. Dibák O.—Krajčovičová M.—Gažo M.—Bod'a K.—Grančičová E.: Využívání netradičních zdrojů bílkovin a energie vo výživě hospodářských zvířat.
3. Duben Z.: Drůbežnictví 18, 1970, s. 58.
4. Galatik A.—Blažej A.—Minařík A.: Využívání netradičních zdrojů bílkovin a energie vo výživě hospodářských zvířat. ÚFHZ SAV a ÚVAU. 1. Bratislava, 1975, s. 64—72.
5. Gažo M.—Kučerová D.—Sabo V.: Využívání netradičních zdrojů bílkovin a energie vo výživě hospodářských zvířat.
6. Gažo M.—Boda K.—Peter V.—Baranovská M.: Hydinářský priemysel, 1978, s. 4—6.
7. Gažo M.—Boda K.—Meričková A.—Illešová D.—Marcaník D.—Peter V.—Paulov Š.—Kočíová E.: Využívání netradičních zdrojů bílkovin a energie vo výživě hospodářských zvířat. ÚFHZ SAV, ÚVAU, VÚKPS. 3. Senec, 1977, s. 88—98.
8. Gruhn K.—Rubach G.—Kracht W.: Arch. Tierzucht 7, 1964, s. 135.
9. Gruhn K.—Hennig A.—Werner J.: Beiträge zu aktuellen Problemen der Tierzucht und Tierernährung. Friedrich—Schöller—Universität Jena, 1966, s. 256.
10. Gruhn K.—Werner J.: Jahrb. Tierernährung Fütterung, 7, 1969/70, s. 445.
11. Gruhn K.—Lüdke H.: Arch. Tierernährung 22, 1972, s. 113.
12. Halamek C.—Petkov V.—Tkáč, J.: Kožarství 1978, s. 245.
13. Hennig A.—Gruhn K.—Schwabe M.: Tierzucht 18, 1964, s. 104.
14. Kabat M.: Kolagenové krmivo s odpadních koží. Náš chov, 20, 1954, s. 640.
15. Kočí Š.—Petráš G.—Blažej A.: Vedecké práce VÚCHSH, Ivanka pri Dunaji, 6, 1968, s. 123.
16. Krišda J.—Svetiková Z.—Gažo M.: Využívání netradičních zdrojů bílkovin a energie vo výživě hospodářských zvířat. ÚFHZ SAV, ÚVAU, VÚKPS. 4. Trnava, 1978, v tlači.
17. Morgen A.—Beger C.—Wagner H.—Beeren H. V.—Ohlmer E.—Michalowski J.: Landw. Versuchs—Stationen, 89, 1917, s. 269.
18. Nedopil F.—Koucký M.: Živočišná výroba 20, 1975, s. 413.
19. Paulov Š.—Gažo M.—Illešová, D.: Veterinárna medicína, 23 (LI) 3, 1978, s. 165—168.
20. Petkov S.—Nedopil F.: Živočišná výroba 21, 1976 s. 441.
21. Rubach G.—Hildebrandt W.: Tierzucht 19, 1965, s. 647.
22. Splitek M.: 10. celoštátna konferencia vo fyziológii hydiny, Praha, 1977, s. 6—8.
23. Schwarz K.—Mertz W.: Arch. Biochem. Biophys. 85, 1959, s. 292.
24. Sokol J.: Zeszyty problemowe postepow nauk rolniczych, 54, 1965.
25. Werner J.—Gruhn K.—Hennig A. Jahrb. Tierernährung Fütterung 7, 1969/70, s. 318.
26. Werner J.—Gruhn K.: Leder, Schuhe, Lederwaren 5, 1970, s. 406.
27. Werner J.: Wissenschaftliche Tagung der Karl—Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, Teil 2, 1975.
28. Wöhlbier W.—Giessler H.: Landw. Forschung 16, 1963.

8. ЭКСКРЕМЕНТЫ И АКТИВИРОВАННЫЙ ИЛ

8.1. ЭКСКРЕМЕНТЫ

Наличие копрофагии, весьма распространенной у грызунов (крысы), указывает на то, что в экскрементах находятся питательные вещества, нужные для организма. Экскременты животных содержат питательные вещества, витамины, минеральные вещества, которые поступают сюда вместе с неперевариваемыми остатками корма, выделяются организмом через слизистую стенку кишечника или являются продуктами жизнедеятельности микроорганизмов.

Скармливая биологически обработанные экскременты, можно повысить содержание питательных веществ в рационе. Такой продуктивный способ утилизации отходов также благоприятно сказывается на охране окружающей среды [2].

Питательные вещества из экскрементов хорошо используются животными на фоне сбалансированных рационов [42]. Животные с простым желудком практически не используют целлюлозу и небелковый азот, эти вещества выводятся из их организма, тогда как жвачные могут с успехом использовать их. Крупный рогатый скот и овцы выделяют с мочой примерно половину, а птица и свиньи большую часть от принятого с кормом азота, который организм не усвоил (табл. 49).

Таблица 49. Выделение азота с калом и мочой у животных разных видов [42]

Вид животных	% выделенного азота	
	с калом	с мочой
Откармливаемый скот	50	50
Дойные коровы	60	40
Овцы	50	50
Свиньи	33	67
Птица	25	75

Содержание сухого вещества в экскрементах зависит прежде всего от переваримости кормов. Принято считать, что в экскрементах птицы и моногастрических животных со-

держится 20% сухого вещества, а в экскрементах жвачных—30%. Питательная ценность экскрементов зависит от вида животных, кормового рациона, технологических способов обработки экскрементов и некоторых других факторов.

В таблице 50 приводится среднее содержание питательных веществ в экскрементах сельскохозяйственных животных.

Таблица 50. Содержание питательных веществ в экскрементах сельскохозяйственных животных (% от сухого вещества)

Вид животных	Сырой протеин	Сырой жир	Клетчатка	БЭВ	Золь
Поросята (5—15 кг)	30	15	8	35	12
Поросята-отъемыши (13—35 кг)	25	8	17	36	14
Откармливаемые свиньи	20	5	25	34	16
Свиноматки	19	5	30	26	20
Откармливаемые бычки (80 кг)	23	2	21	43	11
Откармливаемые бычки (200 кг)	20,5	2,1	21,4	42	14
Коровы в период лактации и сухостоя	19	2	24,5	41	13,6
Овцы	16,7	5	21,0	37,9	21
Куры-несушки	30,5	2,5	14,0	26,5	26

Экскременты могут служить также источником витаминов и минеральных веществ (табл. 51). Уровень макро- и микроэлементов тесно связан с их содержанием в питьевой воде.

Таблица 51. Содержание минеральных веществ в сухом веществе экскрементов некоторых животных

Вид животных	Ca	P	Na	K	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
	г/кг					мг/кг			
Бройлеры (клеточное содержание)	33	19	6	21	7	13	2900	8500	296
Бройлеры (на подстилке)	22	15	11	19	8	85	90	60	100
Куры-несушки	71	20	8	22	4	23	384	1659	441
Крупный рогатый скот	15,6	7,5	3,6	7,2	2,7	15,6	112	800	89
Свиньи (твердая фракция кала)	33	14	4	—	10	42	300	2300	242

8.1.1. ЭКСКРЕМЕНТЫ ПТИЦЫ

Из экскрементов сельскохозяйственных животных птичий помет имеет наибольшее значение в качестве кормового средства.

Примерное получение помета (смесь кала, остатков корма, пера, отшелушенного эпителия и воды) от некоторых видов птицы приведено в таблице 52.

Таблица 52. Количество помета, получаемого от некоторых видов птицы

Вид птицы	Время, недель	Помет, кг
Куры-несушки	60	73,5
Племенные куры	38	61,0
Молодки	18	5,8
Откармливаемые бройлеры	8	2,1
Откармливаемые индейки	16	23,0
Откармливаемые утки	8	17,0
Откармливаемые гуси	9	33,0

8.1.1.1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Содержание питательных веществ в свежем помете птицы дано в таблице 53 [13].

Таблица 53. Содержание питательных веществ в помете птицы (г/кг сухого вещества)

Вид птицы	Сухое вещество	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	Зола
Несушки	200	735	305	25	140	265	265
Несушки (помет после высушивания)	250	750	180	20	200	350	250
Молодки	239	869	329	40	141	359	131
Бройлеры	333	821	371	33	152	265	179
Откармливаемые индейки	307	852	459	40	125	228	148
Откармливаемые утки	120	701	240	29	152	280	299

Примерно 65—70% азотистых веществ составляют небелковые азотистые соединения, преимущественно в форме мочевой кислоты (75%), мочевины и аммиака.

Чистого белка в 1 кг сухого вещества помета отдельных видов птицы содержится: несушки — 107 г, бройлеры — 130 г, откармливаемые индейки — 160 г. Среднее содержание некоторых незаменимых аминокислот в помете кур приведено в таблице 54.

Таблица 54. Среднее содержание аминокислот в помете кур (г/кг сухого вещества)

Вид птицы	Лизин	Метионин	Цистин	Треонин
Несушки	3,8—6,0	1,0—1,5	1,2—2,2	2,7—4,7
Молодки	3,2	1,6	2,1	3,0
Бройлеры	5,0	2,2	1,9	3,7
Пшеница	4,0	2,4	3,4	4,5

В таблице 55 приводятся данные по среднему содержанию макро- и микроэлементов в помете птицы [3; 20; 24; 34; 36].

Таблица 55. Содержание макро- и микроэлементов в помете птицы (г/кг сухого вещества)

Вид птицы	Ca	F	Na	K	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Бройлеры	33	19	6	21	7	13	2900	8500	296
Несушки	71	20	8	22	4	23	384	1659	441

Содержание витаминов в экскрементах зависит от уровня непереваренных остатков корма (витамины А и Е), а также от микробного синтеза в пищеварительном аппарате (витамины К и группы В). В 1 кг сухого вещества помета несушек содержится следующее количество витаминов: витамин А — 4000 ИЕ, токоферол-ацетат — 25 мг, витамин В₆ — 1,1 мг, витамин В₁₂ — 548 мкг, витамин В₁ — 2,6 мг, витамин В₂ — 11,8 мг, ниацин — 59 мг, Са-D-пантотенат — 5,9 мг, холинхлорид — 165 мг.

Таблица 56. Переваримость (%) питательных веществ помета птицы

Вид птицы	Органическое вещество	Сырой протеин	Чистый протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	Содержание сахаридов
Несушки	26	70	64	70	—	—	23
Бройлеры	35	48	—	28	—	38	—
Молодки (кажущаяся переваримость)	45	53	—	38	—	56	—
Индейки	46	43	—	32	—	79	—

8.1.1.2. ПЕРЕВАРИМОСТЬ, СОДЕРЖАНИЕ ПЕРЕВАРИМОГО ПРОТЕИНА И ЭНЕРГИИ

В таблице 56 приводятся показатели переваримости питательных веществ помета птицы [21; 29].

Так как показатели содержания энергии в помете несушек не однозначны, ниже приводятся данные нескольких авторов (МДж/кг сухого вещества): 3,18 [31]; 5,65 [35]; 6,70 [16]; 4,06 [41]; 5,57 [29].

Экскременты птицы бедны энергией. Лишь экскременты индеек приближаются по этому показателю к ячменным отрубям ($\approx 7,43$ МДж/кг сухого вещества). Переваримого протеина в помете содержится (г/кг сухого вещества): несушки — 214, бройлеры — 223, молодки — 197, индейки — 286. Из всего азота экскрементов чистый белок составляет примерно 30—35%.

Помет птицы в сухом или засилосованном виде обычно предназначается для кормления жвачных [14]. В небольшом количестве сухой помет можно добавлять в рационы свиней и птицы [39]. Переваримость питательных веществ помета птицы приводится в таблице 57.

Хотя экскременты являются хорошим источником азота и минеральных веществ для жвачных, животных надо приучать к этому виду корма постепенно. В отдельных опытах дойным коровам в период лактации скармливали концентрат, который содержал кукурузу и сухой птичий помет (32% концентрата). В рацион также входил кукурузный силос с добавкой помета и 2,1 кг люцернового сена. По сравнению с контрольной группой наблюдалось снижение поедаемости

Таблица 57. Кажущаяся переваримость питательных веществ помета птицы и свиного навоза

Вид животных	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	Животные, на которых определяли переваримость
Бройлеры (без подстилки)	35	48	28	—	38	Свиньи (68)
Бройлеры (без подстилки)	33	55	26	—	22	Птица (68)
Бройлеры (без подстилки)	75	88	70	90	62	Валухи (68)
Бройлеры (с подстилкой)	68	75	69	57	68	Жвачные (68)
Несушки	69	75	73	—	60	Овцы (34)
Откармливаемые свиньи	—	34	75	78	71	Валухи (28)

концентрата с включением помета на 5%, силоса с пометом — на 17%. Молочная продуктивность коров опытной группы снизилась на 10%. Однако по экономическим расчетам производство молока в опытной группе оказалось более рентабельным, чем в контрольной [44].

В рационах овец 10% соевой муки заменяли на 14% сухого птичьего помета (как источник азота) без каких-либо неблагоприятных последствий на показатели прироста массы [44]. Хорошие результаты были получены в опытах с ягнятами, в рационах которых люцерновую муку, являющуюся источником 50% потребляемого азота, заменяли адекватным количеством сухого помета несушек [45].

Подстилку бройлеров (после сушки) успешно использовали при откорме крупного рогатого скота в количестве 30% от рациона вместо сухой кукурузы (целое растение) [51]. Некоторые ученые считают, что подстилка бройлеров должна составлять 25% сбалансированного рациона для откармливаемого крупного рогатого скота [2].

Хорошим способом консервирования и использования птичьего помета является его силосование. Корм высокого качества получался при силосовании 60% лугового сена и 40% птичьего помета, а также кукурузы или других зеленых кормов в сочетании с подстилкой бройлеров (15—45% сухого вещества) [42].

Рекомендуется в кормосмесь для несушек добавлять сухой помет, сбалансировав при этом рацион по содержанию энергии, протеина, кальция и фосфора [28]. Некоторые ученые скептически относятся к использованию помета в кормлении птицы и свиней, ссылаясь на его низкую энергетическую ценность и практическую невозможность использования азота из мочевого кислоты. Однако с экономической точки зрения в рационы птицы целесообразно включать до 5 и даже 10% помета.

8.1.2. ЭКСКРЕМЕНТЫ СВИНЕЙ

Экскременты свиней из-за их малой энергетической ценности почти не используют в кормлении животных с однокамерным желудком, птицы и свиней, хотя они содержат примерно 22% протеина, в котором лизина, треонина, метионина и изолейцина больше, чем в белке ячменя [42]. Истинная переваримость протеина экскрементов свиней составляет примерно 60%, а биологическая ценность белка достигает 70% [42].

Показатели опытной группы свиней, в рацион которых на завершающей фазе откорма включали 15% сухих экскрементов свиней, были не хуже, чем в контрольной группе [12]. Однако в опытах других ученых этот результат подтверждался только при выполнении недостатка энергии в рационе за счет добавки растительного масла.

Сухую твердую фракцию навоза свиней (после сепарации на ситах) использовали при откорме скота в количестве до 4 кг [32]. Сухой навоз имел следующий состав: сухое вещество — 90%, зола — 5,1, протеин — 7,45, сырая клетчатка — 29,8, сырой жир — 2,0, безазотистые экстрактивные вещества — 45,7%. При включении 14% сухого свиного навоза в рацион откармливаемого крупного рогатого скота (живая масса 200—475 кг) был получен среднесуточный прирост массы более 1000 г.

8.1.3. ЭКСКРЕМЕНТЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Согласно работам некоторых ученых, экскременты крупного рогатого скота на уровне 12—20% сухого вещества рациона могут успешно заменять традиционные корма для крупного рогатого скота [2]. Повторное использование навоза для кормления не вызывает аккумуляции в нем

твердых неорганических или органических соединений в опасных размерах. Для производства силоса с экскрементами крупного рогатого скота можно использовать зеленую массу различных растений [18]. Хороший силос получался при сочетании 60% экскрементов крупного рогатого скота и 40% измельченной травы [2].

Жидкая фракция навоза также может быть использована на корм крупному рогатому скоту. В опытах по производству комплексного силоса с включением навоза были получены хорошие результаты [52]. Силос готовили из 40% навоза (13% сухого вещества), 35 ячменной дерти, 10 травы, 15—30% травяной муки и хранили в силосных башнях.

При использовании экскрементов в качестве корма необходимо постоянно помнить о возможности их неблагоприятного воздействия как на самих животных, так и на качество животноводческих продуктов. Такое влияние могут оказывать некоторые вещества, содержащиеся в экскрементах, как, например, остатки лекарств и химических препаратов, используемых при производстве кормов, повышенная концентрация минеральных веществ, в частности тяжелых металлов и т. д.

8.2. АКТИВИРОВАННЫЙ ИЛ

Ил представляет собой концентрированный отстой, получаемый при очистке сточных вод. В широком смысле слова ил — это смесь (суспензия) веществ, находящихся в воде. Сюда относится ил, который оседает в реках, прудах, городских и промышленных очистных сооружениях, на полях, лугах, лесах, дорогах, а также ил, который образуется при вторичной гидравлической обработке шлаков, золы, угля и т. д. [6]. В связи с целевой программой потенциального использования ила в качестве источника белка для производства кормов интерес представляет прежде всего ил городских и промышленных сточных вод. Активированный ил представляет собой микробную массу, культивируемую в жидкой среде сточных вод при интенсивной аэрации ее воздухом или чистым кислородом. Конечный продукт содержит относительно много протеина (20—60%) и витаминов группы В (1,0—10,0 мкг/г) [27]. Годовая продукция городского и промышленного ила составляет в ЧССР 4,2 млн. тонн сухого вещества [6], большую часть которого составляют отходы переработки сахарной свеклы, картофеля и химической промышленности.

Общее количество сточных вод в ЧССР в связи с интенсификацией промышленности имеет тенденцию к увеличению. В настоящее время очистке подвергается примерно 61% всех сточных вод. В ЧССР сооружено 77 активирующих очистных сооружений, которые ежегодно производят до 78290 т сухого вещества ила [38].

Технология переработки ила заключается в следующем:

а) сгущение ила (промывание, осаждение в специальных емкостях, флотация);

б) обезвоживание (естественное — поглощают воду емкости или площади, лагуны, иловые поля; с помощью различного оборудования — вакуумные фильтры, иловые прессы, фильтры с использованием опилок, центрифуги, вибрационные сита, ультразвуковые сита с фильтром, электроосмос, электродиализ, вымораживание, тепловая обработка);

в) сушка (сушилки, прессование, компостирование).

Ил из городских и промышленных очистных станций можно использовать в качестве удобрения для производства кормов или биологического газа. Городской ил (отходы содержат большое количество органических веществ, как правило, перегнивших) и является, с точки зрения возможной зараженности патогенной микрофлорой, одним из наиболее значительных источников загрязнения окружающей среды. Использование этих отходов в кормовых целях имеет большое значение не только с точки зрения дополнительных источников белка, но и оздоровления окружающей среды. Проблема использования ила осложняется тем, что практически не существует городских или промышленных сточных вод с одинаковым составом, так как он зависит от вида перерабатываемого сырья и используемой на промышленных предприятиях и очистных станциях технологии. В городском активированном иле, например, содержится относительно много золы, в то время как в промышленном иле ее, как правило, гораздо меньше.

Общее содержание азота в иле зависит от содержания его в сточной воде и скорости ассимиляции азота имеющейся микрофлорой. Оптимальным является присутствие азота в аммиачной форме. Городские сточные воды содержат весьма разнообразный набор азотистых веществ. Уровень азота в иле зависит также от особенностей находящейся в нем органики. Содержание клетчатки и жира в иле зависит от состава сточных вод, т. е. тех веществ в виде суспензии, которые ил адсорбирует. В последнее время в городском

иле неуклонно возрастает уровень детергентов (различных стиральных средств).

В городском иле могут находиться яйца аскарид, цисты протистов, колиформные бактерии, яйца солитеров, различные вирусы и т. д. [1; 7; 15; 17; 50].

Вместе с высоким содержанием тяжелых металлов зародыши паразитов, патогенные бактерии и вирусы представляют собой главную опасность ила для окружающей среды. В США в различных образцах ила были обнаружены цисты протистов *Entamoeba histolytica* и *Gardia lablia*, а также *Balantidium coli*, *Teania solium*, *Teania saginata*, *Hymenolepis diminuta*, *Aymenolepis nana*, *Fasciola hepatica* [17]. Хотя технологические процессы в очистных сооружениях значительно уменьшают уровень жизнеспособной микрофлоры, все же никакими приемами невозможно обеспечить ее полное уничтожение. Большинство микробов скапливается именно в осадке. Некоторые патогенные микроорганизмы сохраняют жизнеспособность даже при анаэробных процессах очистки. Использование такого ила в качестве удобрения может вызвать заражение скота ленточными паразитами. Чтобы избежать этого, ил необходимо пастеризовать при температуре 60°C в течение 30 минут. В целях экономии энергии для пастеризации применяют метод компостов. Компостирование в том случае, когда температура в массе ила достигает не менее 60°C, равноценно пастеризации [7]. Был внедрен также новый способ деструкции колиформных бактерий (*Escherichia Coli*) посредством фотосенсибилизации микроорганизмов сточных вод метиленовой синью, повышающей чувствительность бактерий к свету, от которого они затем гибнут [1]. Хороший пастеризирующий эффект был получен при помощи гамма-облучения. Доза в 300 Крад убивала 90—99% патогенных бактерий. Следует подчеркнуть, что использование ила в качестве белкового кормового средства возможно лишь при условии обеспечения гигиенической чистоты и полной безвредности скормливаемого продукта.

Кроме патогенных микроорганизмов, активизированный ил содержит значительное количество тяжелых металлов (Fe, Cu, Cd, Zn, Mn, Cr, Pb и т. д.), которые попадают в канализацию в качестве различных промышленных отходов. Многие ученые считают активированный ил потенциальным источником кормового белка, подчеркивая его дешевизну, практическую неисчерпаемость, положительное воздействие такого способа утилизации ила на оздоровление

окружающей среды. Ил считается также хорошим источником аминокислот и витаминов группы В, опасность высокого содержания в нем нуклеиновых кислот, как правило, переоценивается. Имеются положительные результаты опытов по откорму бройлеров, где биомасса ила полностью заменяла растительный, а отчасти и животный белок [30].

В ЧССР наибольшее развитие получило использование сухого активированного ила, получаемого из жидких отходов производства древесностружечных плит на очистительной станции Соло Сушице [49]. Получаемый после сушки концентрат испытывали в качестве кормового средства в многочисленных опытах с предварительной пастеризацией (30 мин. 80°C) или без нее. Состав ила весьма колеблется в течение года (табл. 58).

Таблица 58. Состав активированного ила

Показатели	Минимальное значение	Максимальное значение	В среднем за год
Витамин В ₁₂ , мкг/г	2,7	16,3	6,1
Сырой протеин, %	23,6	53,8	35
Переваримый протеин, %	8,6	35,4	21
Коэффициент переваримости, %	36,4	68,1	57

Сухой активированный ил содержит 8—15% воды, 8,6—10,2% — золы, 29—31,4% протеина, в том числе 15,4—17,9% — переваримого. Активированный ил из Соло Сушице скармливали в ряде опытов пороссятам, как в свежем, так и в сухом виде. Доза сухого ила в 300 г в расчете на одну голову в сутки имела выраженное депрессивное действие, и прежде всего у животных низких весовых категорий. Очевидно, это было следствием высокого уровня дубильных веществ. Доза в 30 г способствовала повышению (на 37 г) среднесуточных приростов живой массы при одновременном снижении затрат корма примерно на 7%, что можно объяснить благоприятным влиянием витамина В₁₂. Скармливание ила цыплятам не дало положительного эффекта, так как ухудшалось использование корма и повышался отход животных. В опытах на бройлерах и пороссятах испытывали промышленный сухой активированный ил из Штети и Сушиц. В рационах бройлеров уровень ила колебался от 0,6 до 3%. Им заменяли часть рыбной муки.

Состояние здоровья животных было хорошим, а приросты практически не отличались от показателей контрольных групп, получавших рыбную муку.

При откорме свиней оптимальной оказалась замена 20% рыбной муки активированным илом (в опытах замена велась в рамках от 5 до 45%). Клинических проявлений нарушения состояния здоровья поросят или снижения поедаемости корма не наблюдалось. Одновременно осуществлялся тщательный гематологический, бактериологический, токсикологический и гистологический контроль крови и некоторых органов. При органолептической пробе мясо подопытных животных получило высокую оценку. Было подтверждено, что сухой активированный ил (предприятия Штетин и Сушице) вполне пригоден к скармливанию животным и является ценным заменителем импортной рыбной муки. Из сухого активированного ила завода Соло Сушице изготавливается препарат Собивит.

На местной очистительной станции Галлен (Швейцария) установлено оборудование с часовой производительностью 200 кг сухого концентрата из одной тонны отстойного ила. Получаемый продукт добавляют на уровне 10% в комбикорм для свиней и крупного рогатого скота [37]. На основании 142 анализов было показано, что активированный ил имеет благоприятный для животных аминокислотный состав, что характеризует его как ценный белковый корм [11]. Однако все авторы обращают внимание на возможность повышенного содержания в нем тяжелых металлов. В опытах на пороссятах, птице и крысах не было установлено неблагоприятного влияния добавки ила в рационы на приросты и общее клиническое состояние животных. В моче, печени и почках опытных животных содержание тяжелых металлов было в пределах нормы. В таблице 59 приведены

Таблица 59. Максимально допустимая концентрация некоторых неорганических веществ в корме (мг/кг)

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Олово	10	Ванадий	0,5
Ртуть	0,1	Фтор	50
Мышьяк	2	Бор	60
Селен	1	Бром	10
Хром	1	Сульфиты	100
Молибден	4	Нитриты	200

показатели максимально допустимой концентрации некоторых неорганических веществ в корме.

Содержание некоторых микроэлементов в образцах активированного ила, взятых на семи различных очистительных станциях в ЧССР, приводится в таблице 60 [33].

Т а б л и ц а 60. Содержание некоторых микроэлементов в активированном иле

Микроэлемент	Содержание	Образец ила со станции Прага—Троя
Cu	189—222 мг/кг	194 мг/кг
Fe	5040—9680 мг/кг	6480 мг/кг
Pb	410—461 мг/кг	452 мг/кг
Cr	0,215—1,019%	1,012%
Mn	211—507 мг/кг	403 мг/кг
Zn	505—910 мг/кг	850 мг/кг
Co	12,0—25 мг/кг	23 мг/кг
Cl	0,05—0,47%	0,12%
S	0,504—3,944%	2,775%
Ca	1,38—4,66%	2,412%
P	1,45—2,60%	2,30%
K	0,35—0,89%	0,582%
Na	0,1—0,4%	0,15%
Mg	0,09—0,38%	0,384%

Из приведенных данных следует, что активированный ил содержит значительное количество свинца, хрома, железа, меди и других микроэлементов, причем в таких количествах, которые считаются токсичными для людей и животных. Это обстоятельство резко ограничивает использование ила в качестве кормовой белковой добавки. При скармливании ила крысам в трех поколениях было установлено, что в третьем поколении у них значительно снижалась интенсивность роста и наступала гипертрофия печени [25]. Были проведены опыты по частичной замене мясокостной муки сухим активированным илом в рационе бройлеров. В этом опыте ил содержал 94,8% сухого вещества, 35,8 — протеина, 5 — жира, 10,3 — клетчатки, 34,9 — золы, 8,8% БЭВ, 35 мг/кг кадмия, 2650 — хрома, 111 мг/кг свинца. В рацион вводили 2% ила вместо соответствующего количества мясокостной муки.

Такая добавка не оказывала неблагоприятного воздействия на состояние здоровья и рост бройлеров. Показатели

прироста живой массы в опытной группе в начале откорма были на 5,7% больше, чем в контрольной, в конце откорма — на 3,8, а за весь опыт в целом — на 4,3%. У трехнедельных цыплят переваримость рациона с добавкой ила была на 7% выше, хотя уже в возрасте шести недель разницы в переваримости опытного и контрольного рационов установлено не было. Одновременно испытывали и влияние чистого флокулянта, используемого при производстве сухого активированного ила, на здоровье цыплят. Обычные дозы флокулянта были безвредны. В возрасте 3—7 недель проводили тщательный биохимический анализ крови, печени, почек и мышц опытных животных. При этом каких-либо отклонений от физиологической нормы установлено не было. Концентрация в тканях Pb, Fe, Cu, Cr и Cd не повышалась, тогда как в кале опытных животных их уровень был значительным. Микробиологические исследования показали наличие в кале высокого уровня микроорганизмов, в частности спор, энтерококков и энтеробактерий. Однако добавка 2% ила не влияла на состав микрофлоры пищеварительных органов подопытных цыплят.

В других опытах ил из городской очистительной станции в Праге — Троя вводили в рацион бройлеров на уровне 1,1—4,7%. Илом заменяли 75, 50 или 25% мясокостной муки в комбикормах БР I и БР II [9].

Добавка ила не оказывала неблагоприятного влияния на состояние здоровья и рост бройлеров. Не было установлено разницы между опытной и контрольной группами по результатам биохимических и гематологических исследований, а также кумулятивного токсического действия тяжелых металлов в исследованных тканях.

Были проведены опыты с включением ила в комбикорма для откорма свиней [8]. При замене 50, 75, 100% мясокостной муки в белковом концентрате (что соответствовало 1,9—3,8% добавки ила в кормосмесь А₁) было установлено, что все опытные группы имели более низкую скорость роста по сравнению с контрольной, хотя по конкретным исследованным показателям неблагоприятного воздействия ила не выявили. Подобный результат был получен и в опыте с низким уровнем добавки ила (замена 25, 12,5 и 7,5% мясокостной муки, т. е. 0,5, 0,24 и 0,14% ила в смеси А₁). На основании полученных результатов можно сделать заключение, что активированный ил целесообразно скармливать прежде всего птице, так как в рационах свиней даже незначительное его количество уже замедляло рост животных. Состав

сухого активированного ила пражской очистительной станции дан в таблице 61.

Таблица 61. Состав (%) сухого активированного ила

Показатели	I образец	II образец
Зола	35	31
Нерастворимый в HCl зольный остаток	17,8	15,6
Сырой жир	7,91	17,8
Сырой протеин	36,19	34,4
Сырая клетчатка	0,68	
Белки	19,9	25,0
Амиды	16,27	8,4
Переваримый протеин	18,38	22,8
Сера	0,68	

Содержание корриноидов (группа витамина B₁₂) составило 3,2—8,8 мкг/г сухого вещества, содержание канцерогенных углеводов было следующим: хризен — 0,173 мкг/г, бензофлюорант — 0,085, бензопирен — 0,035 дибензантрацен — 0,013 мкг/г. Такие же количества канцерогенов обычно встречаются и в других кормах. Использование сухого активированного ила в кормлении животных находится пока еще на стадии эксперимента. Получены обнадеживающие результаты по использованию промышленного ила (прежде всего, ила деревообрабатывающей промышленности, который имеет относительно постоянный состав). Значительно хуже обстоит дело с использованием активированного ила городских очистительных станций. Зарубежный опыт, однако, доказывает, что это проблема поддается решению и что в сухом активированном иле содержатся большие и до сих пор мало использованные запасы питательных веществ для сельскохозяйственных животных. Ил необходимо тщательно стерилизовать, чтобы не допустить распространения различных инфекций и инвазий. Значительное колебание состава питательных веществ и микроэлементов конечного продукта потребует, очевидно, проведения подробных анализов каждой большой партии. С точки зрения охраны здоровья животных, а в конечном итоге — и здоровья людей следует при определении содержания микроэлементов обращать внимание на следующие моменты:

а) общее содержание микроэлементов в рационе (сколько их находится в используемых кормах и сколько — в дополняющих минеральных добавках или заменяющих белковых средствах);

б) способность организма усваивать и использовать микроэлементы кормового рациона (сколько микроэлементов усваивается и в какой форме, взаимосвязь и взаимодействие между отдельными микроэлементами, способы их выведения из организма, отложения в органах и тканях).

Гомеостатические механизмы поддерживают концентрацию микроэлементов в крови и тканях на относительно постоянном физиологическом уровне, при этом их конечная концентрация является суммарным результатом между их поступлением с кормом, физиологической потребностью (отложение в органах-депо) и экскрецией. Избыток может вызывать нарушения в депонирующих (прежде всего печень) или экскретирующих (почки) органах. Отложение микроэлементов наблюдается в паренхиматозных органах, костях, мышечной ткани. В настоящее время для большинства микроэлементов не установлено твердых норм, максимально допустимого содержания их в животном или растительном сырье, что значительно лимитирует возможность скормливания сухого ила сельскохозяйственным животным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Acher A. J.—Juven B. J.: Appl. Environm. Microbiol. 33, 5, 1977, s. 1019—1022.
2. Anthony W. B.: Waste recycling for beef — a survey International Symposium on Animal Production, Kolbacz, Polska, 1978.
3. Baschin und Schwarz: Anleitung über Voraussetzungen und Durchführung der Trocknung sowie Einsatz der Produkte in der Fütterung. VEB Ing. Büro Geflügelwirtschaft, Berlin.
4. Beck T.—Schurman G.—Süs A:Z. Pflanz — Bodenkunde, 140, 1977, s. 657—668.
5. Beckett P. M.—Davis R. D.—Milward A. F.—Brindley P.: Plant and Soil 48, 1977, s. 129—141.
6. Bulíček J.: Celková bilance kalů ve státě. XII. celostátní seminář Starostlivosti o čistotu vod Bratislava, 1962.
7. Burge W. D.—Cramer W. N.—Epstein E.: Transactions of the ASAE 21, 3, 1978, s. 510—514.
8. Cibulka J.—Sova T.—Trefný D.—Dobšínská, E. a i.: Vliv náhrady masokostní moučky aktivovanými kaly v kompletní krmné směsi Al pro prasata na hodnoty vybraných biochemických a hematologických ukazatelů. Mezinárodní konference k 80. výročí zložen Čsl. veter. asanace, Brno, 10—12. 9. 1979.
9. Cibulka J.—Sova Z.—Němec Z.—Bernatzik K. a i.: Vliv náhrady masokostní moučky aktivovanými kaly v kom-

- pletní krmné směsi pro výkrm brojlerů. Mezinárodní konference k 80. výročí založení Čsl. veter. asanace, Brno, 10–12, 9. 1979.
10. Cibulka J.—Sova Z.—Trefný D.—Muzikář L.: Stanovení vybraných stopových prvků v lalích a tkáních, výsledky hematologických a metabolických testů. Záv. zpráva etapy C, II. díl P—16—331—238—02 VŠZ Praha, 1979.
 11. Eggersdöfer R.—Üller U.—Oberbacher B.—Schönborn, W.: Abwassertechnik 24, 1973, č. 5 a 6.
 12. Flachovsky G.—Löhnert H. J.: Exkremente von Schweinen. In: Abprodukte tierischer Herkunft als Futtermittel, A. Hennig, S. Poppe, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1975, s. 120—163.
 13. Flachovsky G.—Jeroch H.: Schriftenreihe der Legrhanges-einrichtung Remderoda, Heft 1. 1977, Sekundärrohstoffe.
 14. Goering H. K.—Smith L. W.: A. Anim. Sci. 44(3), 1977, s. 452—461.
 15. Grunnet K.—Henriksen A.: Nord. Vet. Med. 1977, 29, s. 458—459.
 16. Harnisch S.: zit. bei. Vogt, H.: Arch. Geflügelkunde, 37, 1973, s. 141.
 17. Hays B. D.: J. of Epidem. Hlth, 39, 6, 1977, s. 424—426.
 18. Chomyszyn M.: Zastosowanie kalu bydleceog w zywieniu. Biuletyn informacyjny Instytutu Zootechniky, nr. 1, 1975, s. 4—23.
 19. Chomyszyn M.: Odchody drobiu jako pasza dla przeżuwaczy, Biuletyn informacyjny Instytutu Zootechnidy, nr. 1, 1977, s. 3—15.
 20. Jayal M. M. und Misra B. P.: Ind. J. Animal Sci, 41, 1971, s. 613.
 21. Jeroch H.—Schubert R.—Prinz M.—Petzold M.—Hennig A.: Arch. Tierernähr., 27, 1977, s. 681.
 22. Jeroch H.—Schubert R.—Prinz M.—Petzold M.: Arch. Tierernähr. 28, 1978, s. 111.
 23. Jeroch H.—Schubert R.—Hennig A.: Sonderheft Forschungsinstitut für Geflügelwirtschaft, Merbitz, 1979.
 24. Kiefer H.: Geflügelwirtschaft, 22, 1971.
 25. Kinzel J. H.—Cheeke P. R.—Chen R. W.: Nutr. Rep. Inter. 15, 6, 1977, s. 645—651.
 26. Koubík M.: Zpracování odpadních aktivovaných kalů do krmných koncentrátů dvoufázovým postupem. Situační zpráva VÚV Praha, 1978.
 27. Koumar L.: Hodnocení aktivovaného kalu a jeho využití z hlediska nutričního. Kand. dis. práce, VŠ chem. technol. Praha, 1971.
 28. Lee D. J. W.—Bolton W.: Br. Poult. Sci. 18, 1, 1977, s. 1—7.
 29. McNab J. M.—Shannon D. W. F.—Blair R.: Br. Poult. Sci. 15, 1974, s. 159.
 30. Meizer E.: CS. Chemie—Technik 2, 11, 1973.
 31. Nesheim M. C.: Cornell Agric. Waste Managment Conf. 301, 1972.
 32. Pasierbski Z.—Legieč A.—Starcewski M.: Zastosowanie suszonych stałych frakcji odchodů šviňských v opasaniu buhajův. Przegląd hodowlany, nr. 11, 1977, s. 13.
 33. Pardus J.: Výroba bílkovinných koncentrátů ČOV, VÚR, Praha, 1977.
 34. Perez—Aleman S.: Animal Product. 13, 1971, s. 361.
 35. Polin D.—Varghese S.—Neff M.—Gomez M.—Flegall C. J.—Zindel H.: Res. Report 152, Farm. Sci., Mich State Univ. 32, 1971.
 36. Robertson L. S.—Wolford J.: Res. Report, 117, Farm Sci., Michig. St. Univ. 10, 1970.
 37. Rohrer E.: Chem. Rundsch. 20, 36, 1967, s. 655.
 38. Sedláček M.—Koubík M.—Mašát J.—Jonáš J. a i.: Zneškodňování odpadních kalů a koncentrátů a využívání cenných látek v nich. Dílčí závěr. zpráva P—16—331 VÚV Praha, 1975, s. 322.
 39. Schubert R.—Jeroch H.—Richter G.—Meixner B.: in: Abprodukte tierischer Herkunft als Futtermittel, pod. red. A. Hennig, S. Poppe, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1975, s. 24—93.
 40. Schubert R.—Jeroch H.—Hennig A.: Arch. Tierernähr. 27, 1977, s. 721.
 41. Shannon D. W.—Blair R.—Lee D. J. W.: Tagungsbericht 4. Europ. Geflügelkonf., London, 1973, s. 487.
 42. Smith L. W.: New feed resources, FAO. Animal production and health paper 4, FAO Roma, 1977, s. 227—244.
 43. Smith L. W.—Fries G. F.—Weinland B. T.: J. Dairy Sci 59, 1976, s. 465—474.
 44. Smith L. W.—Calvert C. C.: J. Anim. Sci. 43, 1976, s. 1286—1292.
 45. Smith L. W.—Lindahl J. L.: J. Anim. Sci. 44, 1977, s. 152—157.
 46. Sova Z.—Cibulka J.—Voříšek K.—Koudela K. a i.: Stanovení vybraných stopových prvků v kalcích a tkáních, výsledky metabolických testů a mikrobiologická sledování. Závěr. zpráva etapy C, II. díl P—16—331—238—02 VŠZ Praha, 1978.
 47. Tüller R.: Dt. Geflügelwirtschaft 23, 1971, s. 114.
 48. Tüller R.: Dt. Geflügelwirtschaft 24, 1972, s. 73.
 49. Veselý D.: Zpracování aktivovaného kalu z čistění DVD na přísadu krmiva s obsahem vit. B₁₂ nebo hnojivo. Závěr. zpráva Sola, Sušice, 1965.
 50. Ward R. L.—Ashley C. S.: AML. Environm. Microbiol. 33, 4, 1977, s. 860—864.
 51. Wawryńczak S.—Pilecki C.: Wykorzystanie sciolki brojlerův przy opasaniu młodego bydla. Przegląd hodowlany, nr. 20, s. 5.
 52. Wawryńczak S.—Mazurkiewicz W.—Chomyszyn M.: International Symposium on Animal Production, 7—8 grudnia, Kolbacz, Polska, 1978.

В фауне нашей планеты беспозвоночные (*Evertebrata*) составляют многочисленную группу, в которую, по современным данным, входят примерно 1,25 миллиона видов. С точки зрения изыскания новых источников кормового протеина для домашних животных многие виды беспозвоночных имеют следующие ценные свойства:

- весьма короткий период развития от яйца до зрелой особи, что обеспечивает их массовое размножение и возможность получения животной массы, пригодной для кормления сельскохозяйственных животных;
- использование в качестве корма (субстрата) для беспозвоночных отходов сельскохозяйственного или промышленного производства;
- химический состав тела многих беспозвоночных, в частности содержание отдельных аминокислот, соответствует требованиям, предъявляемым к полноценному белковому корму.

Мелкие живые организмы всегда считались составной частью рациона домашних животных (например, птица, свиньи) при их экстенсивном (близком к естественному) содержании. Однако такая практика носила лишь местный или сорный характер и большого хозяйственного значения не имела.

9.1. СУБСТРАТЫ ИЗ ОТХОДОВ, ПРИГОДНЫЕ ДЛЯ РАЗМНОЖЕНИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

В качестве корма или субстрата при культивировании беспозвоночных необходимо использовать такие вещества, которые не могут в какой-либо форме служить пищей для человека или кормом для сельскохозяйственных животных. Чаще всего такими веществами являются различные отходы растительного происхождения, используемые непосредственно или после соответствующей обработки.

Так, например, отходы деревообрабатывающей промышленности можно использовать для культивирования некоторых видов насекомых, обитающих в древесине.

Использование в этих целях навоза в концентрированной форме или в сочетании с другими материалами способствует его утилизации с одновременным получением ценного белкового продукта. Различные отходы, вещества и материалы могут служить подходящей средой для развития лишь определенных популяций организмов. Взаимосвязь между животным и средой, его существование являются результатом долголетнего процесса адаптации, и поэтому маловероятно, чтобы в каком-либо субстрате могли развиваться виды, привнесенные из другой среды.

9.2. ЛАБОРАТОРНОЕ РАЗВЕДЕНИЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Методы разведения некоторых беспозвоночных хорошо разработаны. Этим издавна занимаются как любители, используя беспозвоночных в качестве корма для аквариумных рыб и декоративных птиц, так и ученые, в том случае, когда насекомые служат материалом для физиологических опытов, испытания различных инсектицидов и т. д. Такие способы рассчитаны на получение относительно небольшого количества особей с использованием обычных продуктов питания, что является совершенно недопустимым с точки зрения промышленного производства.

Лабораторное разведение позволяет подробно изучить биологию вида, выявить его репродуктивные способности, получить исходный материал для промышленного культивирования. На основании упомянутых критериев пригодными для широкомасштабной продукции кормового белка считаются сегодня три вида беспозвоночных: дождевой червь (*Eisenia foetida*), белый энхитрей (*Enchytraetus albidus*) и муха домашняя (*Musca domestica*).

Лабораторное разведение дождевого червя (*Eisenia foetida*). Дождевой червь (рис. 7) имеет розовую окраску (брюшная часть грязно-желтого цвета), длина 60—130 мм, средняя масса взрослой особи — 0,5 г. Оптимальная температура для его разведения 23—28°C, субстрат должен быть постоянно влажным. При этих условиях черви кладут коконы (рис. 8) с яйцами каждый второй день. Кокконы — лимонобразной формы, желтого цвета, длина их примерно 3 мм, в каждом находится от одного до одиннадцати яиц. Полный цикл развития (до половой зрелости) составляет 70—80 дней. Дождевые черви — гермафродиты. Каждая особь имеет женские и мужские половые органы.

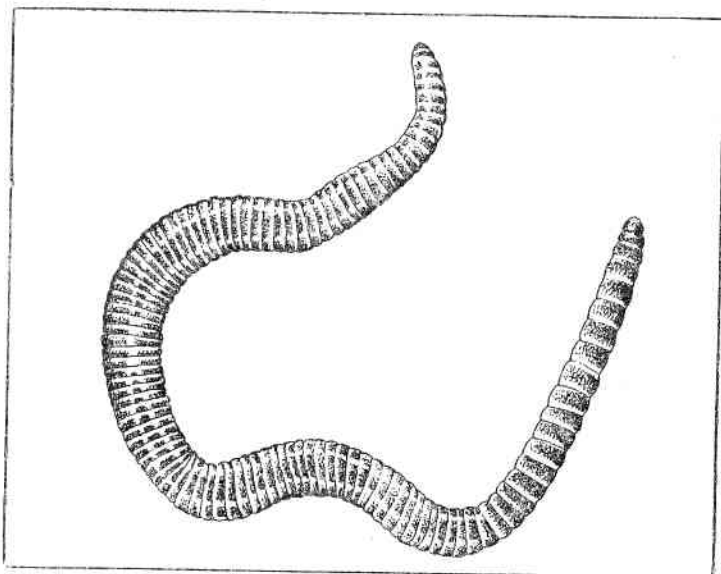


Рис. 7. Дождевой червь.

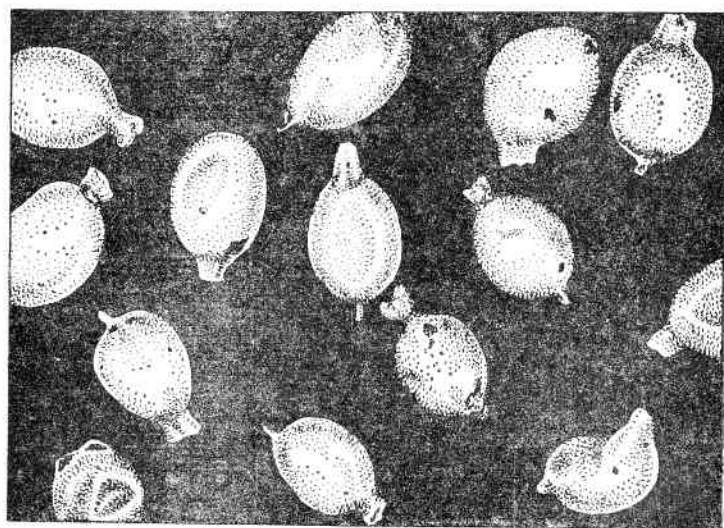


Рис. 8. Коконь дождевого червя.

Для изучения биологических особенностей дождевого червя можно использовать стеклянную посуду объемом 1500 мм, наполненную смесью экскрементов крупного рогатого скота и почвы в соотношениях 3 : 1 при равномерном увлажнении. Данный объем рассчитан примерно на 25 взрослых особей. При изучении вопросов питания дождевого червя в качестве субстрата следует использовать смесь песка и торфа в соотношении 9 : 1, а корма — фекалии домашних животных (в избытке). Наилучшие результаты получались при использовании навоза крупного рогатого скота, причем от 10 особей за 90 дней получают 2150 потомков [3].

В таблице 62 приведены данные по биологии некоторых видов дождевого червя при использовании навоза в качестве субстрата.

Таблица 62. Данные, характеризующие процесс лабораторного разведения дождевого червя

Вид	Оптимальная температура, °C	Инкубация коконов, дни	Полный цикл развития (до половой зрелости), дни
<i>Eisenia foetida</i>	23—28	16	70—80
<i>Dendrobaena rubida</i>	18—20	35	120—140
<i>Lumbricus rubellus</i>	15—18	45	135—160
<i>Octolasion cyaneum</i>	15	60	180—200
<i>Allolobophora caliginosa</i>	12—15	65	135—170
<i>Allolobophora rosea</i>	12—15	60	150—180

Сущность метода разведения заключается в следующем [1].

На дно ящиков (50×35×15 см), имеющих по бокам и на дне дренажные отверстия, которые можно затыкать торфом, укладывают несколько бетонных пластинок, предохраняющих дно от прогибания и улучшающих дренаж культуры. Затем насыпают тонкий слой люцернового сена или кладут 2—3 слоя мешковины. Ящик на $\frac{2}{3}$ наполняют компостом, приготовленным из равных порций навоза, гумуса и сухого торфа (добавляют также 0,5 кг муки). Торф и навоз тщательно размельчают, увлажняют и перемешивают с почвой. На поверхность влажного субстрата помещают 500 половозрелых червей, чуть присыпая их компостом, и прикрывают 2—3 слоями мешковины, которая предохраняет суб-

страт от высыхания и способствует его равномерному увлажнению при поливе. Ящик помещают в затененное место.

Субстрат должен быть постоянно влажным, поэтому 1—2 раза в неделю его поливают. При температуре 10—20°C и соответствующей влажности черви откладывают коконы каждые 7—10 дней.

Через 21—30 дней содержимое ящика высыпают на хорошо освещенный гладкий стол, покрытый жестью и обрамленный рейками высотой 10 см. Субстрат делят на кучки, с которых через каждые пять минут отгребают пятисантиметровый слой. Так постепенно отбирают $\frac{2}{3}$ первоначального субстрата, в котором находятся коконы и молодые особи. Этот материал помещают в другой ящик, закладывая таким образом новую популяцию. Взрослых червей, которые остались на столе, переносят в свой ящик, где они и продолжают размножаться.

Лабораторное разведение энхитрея белого (Enchytraeus albidus). Энхитрей белый (рис. 9) имеет бело-желтую окраску, длина — 20—35 мм, диаметр в середине тела — примерно 1 мм, средняя масса взрослой особи — 0,006 г. Так как покровный слой тела очень тонок, энхитрей белый может обитать лишь в среде со значительной влажностью. Воздух в емкостях для выращивания должен быть насыщенным водяными парами, а субстрат содержать 20—25% воды.

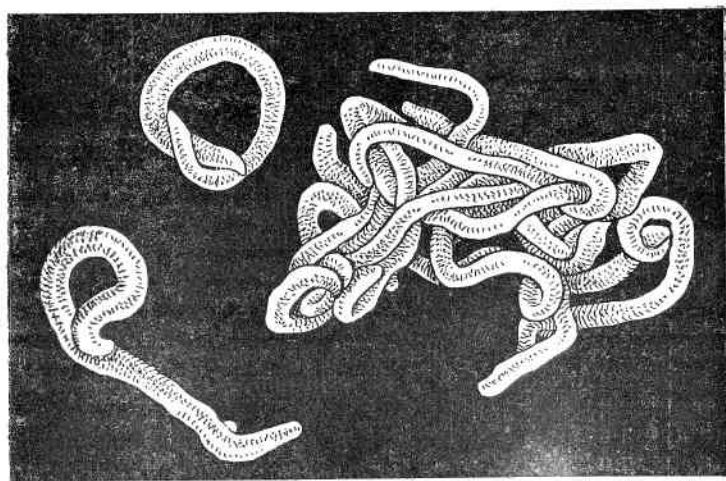


Рис. 9. Энхитрей белый (клубок образован из нескольких особей)

Если уменьшить влажность на 8—10%, черви гибнут. Оптимальная температура выращивания — 8—20°C. При температуре около 10°C черви не размножаются и не гибнут, температура 27°C является верхней границей их существования. Энхитрей — гермафродиты. Они откладывают коконы лимоннообразной формы, длиной 0,5—1,8 мм, содержание — 10—25 яиц в каждом. Каждая особь в течение жизни делает 40—45 кладок (примерно 1000 яиц за кладку).

Полный цикл развития (до половой зрелости) составляет 34—36 дней. Растут в течение всей жизни. В период размножения рост замедляется. Смертность в популяции относительно мала. Примерно 50% особей доживает до 200-дневного возраста. Максимальная продолжительность жизни — 313 дней. Максимальная концентрация в субстрате составляет 2000 г/м². В природе этот показатель обычно не превышает 250—300 г/м².

Энхитрей обитает в структурных влажных почвах с высоким содержанием органических веществ (реакция среды — нейтральная или кислая). Его можно найти в старых компостах по краям навозохранилищ, во влажном лесу и т. д.

Естественной пищей для энхитрея служат растительные остатки. Его пищеварительная система напоминает гладкую трубку, корм здесь долго не задерживается, используется лишь незначительная часть содержащихся в нем питательных веществ. При искусственном разведении энхитрея в качестве корма можно использовать остатки, как растительного, так и животного происхождения, а также культуры бактерий, дрожжей и грибов. Корм должен быть влажным и по возможности рассеян по всему объему субстрата.

Процесс культивирования энхитрея во многом напоминает разведение дождевого червя, с учетом биологических особенностей *Enchytraeus albidus*. Для хорошего развития культуры требуется посадка 20 г червей в расчете на 0,2 м² на глубину 3—4 см. В течение 30—40 дней они размножаются. За это время биомасса увеличивается в 2—3 раза, а в дальнейшем — в 4—7 раз через каждые 20—30 дней. Культуру можно начинать использовать уже с 40—50-го дня.

Условием хорошего развития культуры является правильное кормление. Следует избегать мяса и молочных продуктов, способствующих появлению и ускоренному размножению клещей, личинок мух и т. д. Наилучший корм — крупа, мука, отруби, фрукты, картофель, зеленые растительные остатки и дрожжи. Перед использованием

корм проваривают и измельчают. Дрожжи используют недоваренными. Консистенция корма должна быть кашеобразной. На 100 г твердого корма добавляют 0,5 л воды, на 100 г дрожжей — 0,3 л.

Заданные корма должны не нарушать структуру почвы (такое влияние, например, оказывают картофель и мука). Червей кормят раз в неделю, причем корм задают из расчета на 5 дней. Оставшиеся два дня черви питаются экскрементами. Когда количество червей в ящике достигает 200—300 г, их можно разделить и получить таким образом две самостоятельные культуры. При подготовке субстрата используют $\frac{1}{2}$ старой почвы и $\frac{1}{2}$ новой.

Состояние культуры определяют по состоянию почвы. Если она рыхлая, значит, черви движутся от корма к поверхностным слоям, где откладывают множество коконов кремового цвета. В популяции преобладают молодые особи. Если же черви скапливаются при стенках и на поверхности, это свидетельствует о непригодности субстрата (плотная, слишком влажная почва, избыток остатков корма в среде и т. д.).

Определенное количество червей выбирают из субстрата непосредственно пинцетом. При массовой выборке используют особенность червей покидать места с неблагоприятными жизненными условиями. При сильном освещении они скапливаются в затененных местах, при нагревании — в более прохладных. Живых червей можно сохранять в ящиках по 4—5 кг при температуре 0°C в течение 100 дней без потери живой массы.

Лабораторное разведение мухи домашней (*Musca domestica*). Муха домашняя (рис. 10) относится к наиболее распространенному представителю класса насекомых (*Insecta*), род двукрылых (*Diptera*). Ввиду очень короткого цикла развития (7—14 дней в лабораторных условиях), а также огромной способности размножаться (потомство одной самки в год теоретически может дать 2500 миллиардов особей) муху домашнюю часто используют в качестве модели в различных опытах, для испытания инсектицидов и т. д. Поэтому лабораторное разведение мухи хорошо разработано [7].

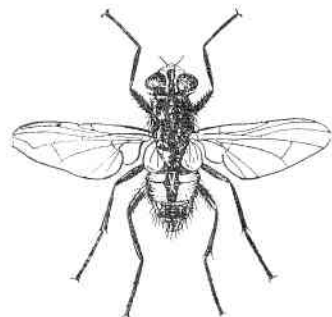


Рис. 10. Муха домашняя

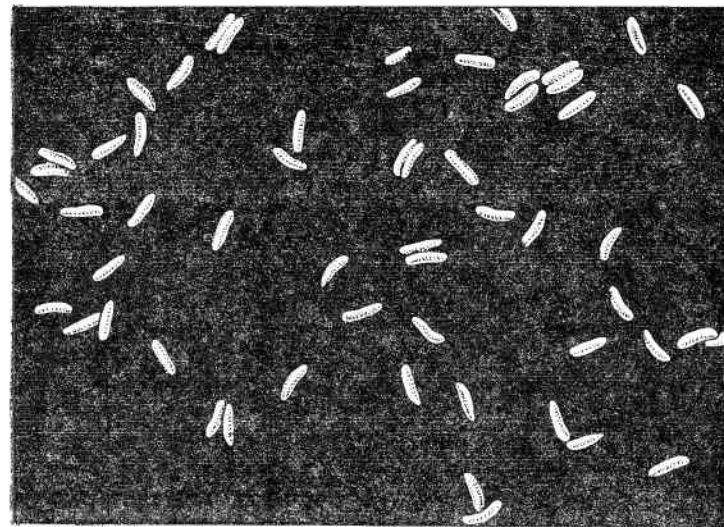


Рис. 11. Яйца мухи домашней

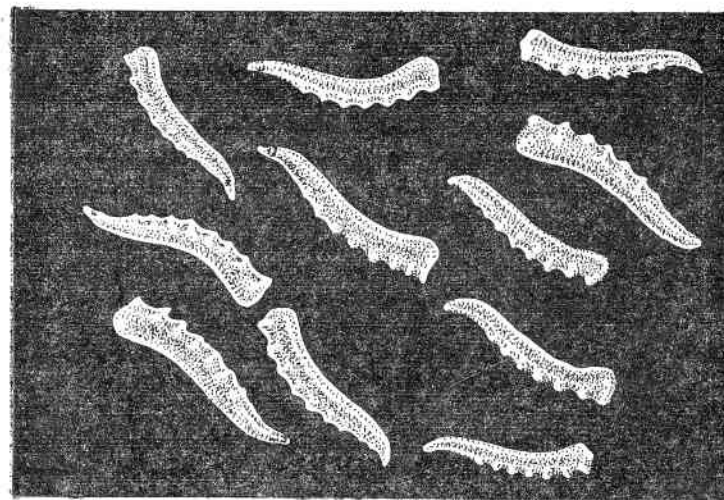


Рис. 12. Личинки мухи домашней

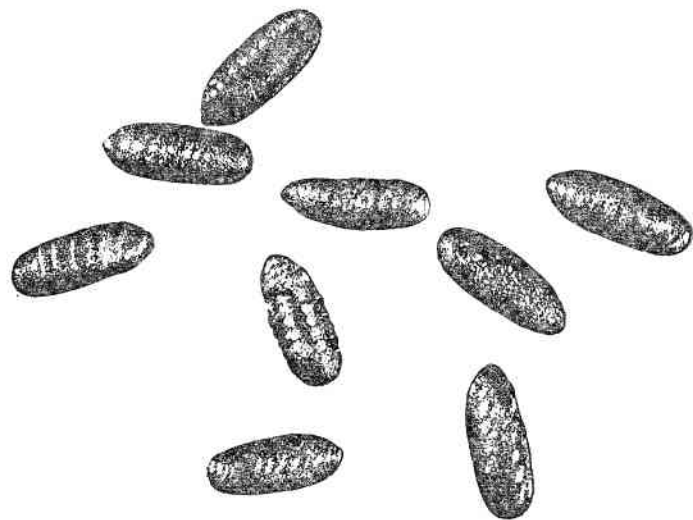


Рис. 13. Куколки мухи домашней

Разведение мухи начинается с получения яиц (рис. 11) от родительских пар, содержащихся в клетках (по 80 пар в каждой), куда ставят миску с ватой, намоченной в молоке. Примерно через 24 часа по краям миски скапливается множество яиц, которые выбирают и промывают водой комнатной температуры до образования гомогенной суспензии, что позволяет их отмеривать. Суспензию набирают пипеткой с широким отверстием и дают ей отстояться. В 0,1 мл отстоя содержится примерно 700 яиц, этого количества достаточно для обеспечения 300 г питательной среды. При температуре 27°C через 36—48 часов из яиц появляются личинки (рис. 12), которые свободно передвигаются в питательной среде. Перед окукливанием, которое наступает на 7—8 день, они собираются в верхних слоях питательной среды. Когда куколки (рис. 13) промывают в просторном сосуде, наполненном водой комнатной температуры, грязь оседает на дно, а они скапливаются на поверхности. Затем куколки собирают ситечком и сушат на фильтровальной бумаге.

При температуре 27°C мухи выводятся из куколок на третий день (примерно 80 особей на 100 куколок). В возрасте трех дней мухи начинают класть яйца.

Оптимальная температура для разведения мухи составляет 27°C ($\pm 2^\circ$), влажность среды — 50%. Целесообразно использовать верхний ламповый свет, который включают и выключают через каждые 12 часов.

Стандартные клетки для выращивания мухи невелики — 25×26×35 см. Дно и верхняя крышка — жестяные, передняя стенка — деревянная с закрывающимся отверстием для раздачи корма. Остальные три стенки выполнены из деревянных рамок, затянутых мелкой сеткой.

Для разведения личинок можно использовать любую посуду, лучше всего широкие стеклянные цилиндры. Сверху их закрывают марлей, которую закрепляют на цилиндре шнуром или резинкой.

Средой (субстратом) для разведения и питания мух является смесь, включающая: пшеничные отруби — 180 г; люцерновый шрот — 90 г; солодовая вытяжка — 7,5 г; дрожжи — 4,5 г; вода — 400 мл.

Смесь должна быть однородной и не распадаться на составные части.

Взрослых мух кормят сухим молоком, сахаром и водой.

9.3. ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Методы лабораторного разведения беспозвоночных разработаны и апробированы уже очень давно, а вот промышленное производство беспозвоночных делает пока лишь свои первые шаги. Правда, в некоторых областях производство беспозвоночных исчисляется тоннами (например, энхитрей белый), но делается это старыми методами, с большой затратой ручного труда.

При промышленных методах резко обостряется проблема регуляции жизненных условий. Опыта в этой области пока еще явно недостаточно.

Некоторые ученые считают, что с 1 т навоза крупного рогатого скота можно получить 80 кг биомассы дождевых червей, другие — 48 кг [3; 4]. Наиболее пригодным субстратом считается смесь фекалий крупного рогатого скота, соломы, почвы и воды в соотношении 5 : 1 : 2 : 2. Хорошие результаты получали при использовании экскрементов свиней. Главная проблема — поддержание постоянной температуры (20°C), оптимальной для жизнедеятельности наиболее продуктивного вида дождевого червя.

Существует метод масштабного производства дождевого червя на специальных площадках размерами 120×240××50 см. Такая популяция насчитывает 50 000 особей массой около 20 кг. Стены площадки выполняются из досок, а дно ее должно обеспечивать дренаж. Собственно субстрат состоит из смеси навоза и почвы, с добавкой различных растительных отходов. Толщина питательного слоя должна превышать 50 см, иначе в нем резко повышается температура. Площадки закладываются в затененных местах, сверху их прикрывают мешковиной, прямо через которую производят полив субстрата. В каждую площадку вносят коконы (15 000 шт.) или взрослых особей.

Одной из главных проблем промышленного производства беспозвоночных, предполагающего механизацию большинства операций, является отделение конечного продукта (живых червей) от субстрата. Здесь можно использовать некоторые рефлексы червей (избегают встряхиваний, сухой среды, света) или же изгонять их электрическим током.

Разведение энхитрея, которого ежегодно получают по несколько тонн для нужд любительского рыболовства, основано на лабораторной технологии [5].

Определенные шаги делаются и в области производства биомассы личинки мухи домашней. Интересны здесь эксперименты с использованием в качестве субстрата экскрементов различных видов сельскохозяйственных животных, но, к сожалению, до сих пор практически все предлагаемые способы в своих главных чертах повторяют схему и методы лабораторного разведения [8].

9.4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

При расчете питательной ценности биомассы дождевого червя нужно всегда учитывать характер содержимого их пищеварительных органов. Если в нем преобладают органические вещества (растительные остатки), то повышается общее содержание углеводов в биомассе, если много неорганических веществ (земля), то возрастает уровень золы. Содержимое пищеварительного тракта составляет примерно 30% биомассы.

Состав биомассы дождевого червя показан в таблице 63.

Сравнительная характеристика муки, приготовленной из дождевого червя, и других видов белковой кормовой муки дана в таблице 64 [4].

Таблица 63. Состав биомассы дождевого червя

Компонент	Содержание, %	Компонент	Содержание, %
Жир	6,07	Р	0,77
Протеин	53,50	Аргинин	6,1
Углеводы	17,42	Лизин	6,6
Зола	23,07	Метионин	1,5
Са	0,51	Цистин	1,8

Таблица 64. Характеристика некоторых видов белковой кормовой муки

Компоненты, %	Мука				Сухие лиственные дрожжи
	из дожде- вого червя	мясная	рыбная	из соевого шрота	
Сухое вещество	92,9	92,0	92,0	89,0	93,0
Зола	4,8	21,4	19,6	5,8	6,4
Сырой жир	9,0	8,1	7,7	0,9	1,1
БЭВ	3,0	2,0	1,0	6,0	3,0
Протеин (N×6,25)	61,3	59,8	61,3	45,8	44,6
Кальций	0,51	5,94	5,49	0,32	0,13
Фосфор	0,77	3,17	2,81	0,67	1,43

Содержание питательных веществ в биомассе энхитрея белого дано в таблице 65 [5].

Уровень отдельных аминокислот свидетельствует, что белок биомассы энхитрея полноценен с точки зрения кормления животных. Увеличение уровня азотистых веществ в корме (добавка костной муки) проявилось в повышении (на 3—5%) содержания протеина в продукте.

Сухая биомасса личинки мухи содержит значительное количество белковых веществ. Энергетическая ценность 1 г биомассы достигает 10,59 КДж. Состав биомассы приведен в таблице 66 [6].

Согласно результатам анализов, сухая биомасса личинки мухи домашней является отличным, не уступающим по своему качеству рыбной муке источником белка для птицы (табл. 67). Хорошие результаты были получены при использовании сухих личинок в рационе цыплят в возрасте 1—2 недели и в период откорма [6].

Таблица 65. Содержание питательных веществ в биомассе энхитрея белого

Компонент	мг%	Компонент	мг%
Белок	70,15	Витамин А	0,196
Жир	14,53	Витамин В ₂	0,136
Углеводы	9,78	Железо	26,6
Зола	5,54	Каротин	0,058
Кальций	0,18		
Фосфор	1,07		
Содержание аминокислот в белке			
Тирозин	3,37		
Триптофан	1,79		
Аргинин	5,62		
Гистидин	1,86		
Цистин	1,05		
Метионин	1,69		

Таблица 66. Состав сухой биомассы личинки мухи

Компонент	%	Компонент	мг/кг
Сырой протеин	63,1	Mn	376
Сырой жир	15,5	Cu	345
БЭВ	12,2	Zn	275
Вода	3,9	Fe	465
Зола	5,3		
P	1,4		
Ca	0,9		
K	0,9		
Na	0,6		

Таблица 67. Содержание (%) некоторых аминокислот в различных белковых кормах [6]

Продукт	Аргинин	Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан
Сухая биомасса личинки мухи	4,2	5,2	2,6	0,4	—
Соевый экстрагированный шрот	3,5	3,2	0,7	0,7	0,7
Мясо-костная мука	3,1	2,4	0,5	0,6	0,3
Рыбная мука	3,2	4,6	2,2	1,0	0,7

Личинка мухи домашней содержит больше жира и меньше белка, чем куколка, у которой интенсивно развивается мышечная ткань, богатая белком. Целесообразно ввиду этого технологическая переориентация на производство куколки (вместо личинки) для повышения питательной ценности биомассы.

9.5. ВОЗМОЖНЫЕ ПОБОЧНЫЕ ДЕЙСТВИЯ ПРИ КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ БИОМАССОЙ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Практический опыт в этой области чрезвычайно мал, поэтому каких-либо комплексных рекомендаций пока что еще не существует. Однако необходимо любые выводы основывать на том, что навоз и другие отходы, используемые в качестве субстрата при разведении беспозвоночных, являются благоприятной средой для размножения различных бактерий (*Salmonella*, *Leptospira*, *Brucella*, *Mycobacterium* и т. д.), вирусов, дрожжей, плесеней, глистных паразитов, опасных для человека и животных. Беспозвоночные, обитающие в зараженной среде, автоматически становятся носителями патогенного начала. Следует заранее предусмотреть методы тепловой обработки биомассы (для устранения опасности переноса инфекции).

Беспозвоночные могут быть не только переносчиками патогенных начал, но и являться их промежуточными хозяевами. Сюда можно отнести *Metastrongylus elongatus*, паразитирующую в дыхательных органах свиней. Ее промежуточным хозяином может быть дождевой червь. Нематода *Syngamus trachea* живет в легких и дыхательных путях птицы, а ее личинка, попадая в пищеварительный тракт дождевого червя, покрывается оболочкой и может сохраняться в таком состоянии в течение нескольких лет. Жизнедеятельность такой личинки возобновляется лишь после попадания в организм птицы.

Дождевой червь может служить в качестве промежуточного хозяина нематод *Capillaria* и *Porrocaecium*, ленточных паразитов *Amoebotaenia sphenoides* и *Dilepis undula*, которые живут в кишечнике кур.

Необходимо также помнить, что биомасса беспозвоночных может содержать остатки лекарств (в частности, антибиотики), которые часто присутствуют в фекалиях животных, используемых в качестве корма и культивирующей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barret T. J.: Harnessing the Earthworms. Boston, 1948.
2. French C. E.—Liscinsky S. A.—Miller D. R.: J. Wildlife Mngmt, 21, č. 3, 1957, s. 348.
3. Graff O.: Landbauforschung Völkenrode, 24, č. 2, 1974, s. 137.
4. Mc Inroy D. M.: Feedstuffs 43, č. 8, 1971, s. 46.
5. Ivleva I. V.: Biologičeskíe osnovy i metody massovovo kultivirovania kormovych bespozvonočnych. Moskva, 1969.
6. Kočí Š.: Velkochovy drůbeže a využití trusu a podestýlky. (Česká vědeckotechnická společnost, red. doc. Ing. M. Šatava, CSc.), Prostějov, 1974, s. 247.
7. Skuhřavý V. a kol.: Metody chovu hmyzu, Praha, 1968.
8. Teotia T. J. S.—Miller B. F.: Environmental Entomology 2, č. 3, 1973, s. 329.

10. НЕБЕЛКОВЫЙ АЗОТ

В кормлении принято употреблять термин «сырой протеин». «Сырой протеин» получается при умножении содержания азота в кормах на коэффициент 6,25. Считается, что в сыром протеине уровень азота составляет в среднем 16% ($100 : 16 = 6,25$).

Сырой протеин состоит из белка и азотистых соединений небелкового характера, которые иногда объединяют под общим названием «амиды». В состав небелкового азота входят свободные аминокислоты, амиды аминокислот, глюкозиды, нуклеотиды, мочевины, нитраты, аммиачные соли и другие низкомолекулярные соединения, содержащие азот. Амиды растворимы в теплой воде, и при анализе их определяют как разницу между сырым протеином и белком.

Значительная часть амидов является или промежуточным продуктом синтеза белка в растениях из неорганических азотистых веществ (азотная кислота, аммиак), или образуется при распаде белка под действием ферментов растений или микроорганизмов. Поэтому корма, собранные в период интенсивного роста (зеленый корм), а также те, которые подвергались бактериальному брожению (силос и др.), содержат много амидов. Так, небелковый азот в траве может составлять 20—30%, в силосе — 25—50% от общего количества азота. На амиды приходится примерно половина сырого протеина в корнеплодах, в спелом зерне их содержится 3—10%. При внесении больших доз азотных удобрений содержание одних лишь нитратов в зеленых растениях может достигать 6% сухого вещества.

В составе амидов кормов преобладают аминокислоты, которые составляют 60—70% всех азотистых соединений небелкового характера и по биологической ценности приравниваются к белку. Поэтому, учитывая современное представление об аминокислотном питании животных, пептиды и аминокислоты не совсем правильно относить к амидам.

При определении содержания микробного белка путем умножения концентрации общего азота на 6,25 нужно также учитывать, то, что примерно 20% азота в бактериях

составляют нуклеиновые кислоты, которые по строению значительно отличаются от аминокислот.

Разделение азотсодержащих веществ на белки и амиды нельзя считать обоснованным как аналитически, так и по критерию биологической ценности. Если в белках уровень азота колеблется в пределах от 13 до 19%, то в амидах размах колебаний составляет 7—21%, мочевины содержит 46% азота.

Чтобы правильно судить о биологической ценности азотистых соединений кормов, необходимо учитывать не только физические свойства белка и его аминокислотный состав, но и хорошо знать состав небелковой части азотистых соединений. Это имеет особое значение в настоящее время в связи с внесением больших доз азотных удобрений, в результате чего падает содержание белкового и возрастает уровень небелкового азота в кормах, а во фракции небелкового азота уменьшается количество аминокислот при увеличении уровня нитратов.

В особую группу соединений небелкового азота следует выделить синтетические азотные соединения, которые широко используются как кормовые добавки.

10.1. СОЕДИНЕНИЯ НЕБЕЛКОВОГО АЗОТА — СРЕДСТВО КОМПЕНСАЦИИ ДЕФИЦИТА ПРОТЕИНА У ЖВАЧНЫХ И МОНОГАСТРИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

При использовании соединений небелкового азота в кормлении считают, что азот этих веществ полностью переваривается в организме животных. При этом количество азота небелковых азотистых соединений умножают на коэффициент 6,25, подсчитывая таким способом количество сырого протеина, дополнительно внесенного в рацион. Хотя опыты некоторых ученых показали [18], что даже высокопродуктивные коровы могут жить и давать продукцию, когда в их рационе весь азот представлен небелковыми азотистыми соединениями, практически за счет небелкового азота следует лишь восполнять дефицит кормового рациона по протеину. Обычно в рационах не хватает 20—30% переваримого протеина. При скармливании большого количества кукурузы дефицит протеина может составлять 40% и более.

Известно, что азот синтетических небелковых соединений может в желудочно-кишечном тракте превращаться в бактериальный белок или всасываться в кровь животного,

участвуя затем непосредственно в тканях в синтезе биологически ценных азотистых соединений. Превращение небелкового азота в микробный белок — наиболее желательный процесс, именно его стремятся стимулировать при скармливании небелковых азотистых соединений жвачным животным. Однако даже при самых идеальных условиях часть небелкового азота всасывается из желудочно-кишечного тракта в кровь.

Жвачные животные удовлетворяют потребность в протеине за счет растительных кормов, в которых содержится значительное количество небелкового азота. Как белок корма, так и небелковые азотистые соединения в рубце жвачных подвергаются расщеплению ферментами микроорганизмов. Одновременно микроорганизмы постоянно синтезируют белки своего тела, которые и используются в дальнейшем организмом животного.

В процессе обмена азотистых веществ в рубце основным метаболитом является аммиак, который микроорганизмы используют для синтеза аминокислот и построения белка своих клеток. Оптимальной для синтеза бактериального белка концентрацией аммиака в содержимом рубца считается 5—8 мг%. Микроорганизмы рубца могут использовать азот аммонийных солей серной, фосфорной, соляной, карбоновой, муравьиной, уксусной, пропионовой, масляной, изомасляной, молочной, яблочной, фумаровой, щавелевой и лимонной кислот, ацетилмочевины, аспарагина, амида масляной кислоты, амида муравьиной кислоты, фурфуролмочевины, гуанида, гуанидинкарбоната, глутамина, мочевой кислоты, мочевины, фосфата мочевины, изобутилендимочевины, кератина, амида пропионовой кислоты, саркозина, что доказано методом изотопных соединений.

Скорость обмена азота в рубце регулируется количеством и интенсивностью размножения микроорганизмов, использующих небелковый азот. Синтез микробного белка в преджелудках жвачных зависит от многих факторов, и в первую очередь от наличия достаточного количества легкопереваримых углеводов. На 100 г мочевины необходимо скармливать 1 кг легкопереваримых углеводов ($\frac{2}{3}$ этого количества должен составлять крахмал). Интенсивность использования небелкового азота в организме жвачных обуславливается уровнем и качеством протеина в рационе, наличием аминокислот, макро- и микроэлементов, необходимых для нормального развития микроорганизмов, а так-

же кратностью кормления и степенью адаптации жвачных к синтетическим добавкам [1; 5; 8]. Большое значение имеет химическая и физическая форма небелковых азотистых соединений.

Применение синтетических азотистых веществ в кормлении моногастричных животных и птицы более ограничено по сравнению с жвачными. У этих животных использование азота небелковой природы лимитировано возможностью синтеза незаменимых аминокислот микробами или в тканях. В их организме небелковый азот может использоваться на построение заменимых аминокислот, нуклеотидов и других небелковых азотистых соединений. Уровень небелкового азота в рационе свиней и птицы не должен превышать 9—15% от их общей потребности в азоте. Благоприятными для использования его в организме птиц считаются сбалансированность рациона по незаменимым аминокислотам, незначительный дефицит некоторых заменимых аминокислот при соотношении незаменимых и заменимых аминокислот 1,7—2 : 1.

Аналогично жвачным процесс ассимиляции небелкового азота у моногастричных животных и птицы начинается с использования азота аммиака, образующегося при распаде небелковых азотистых соединений. В усвоении небелкового азота принимают участие микроорганизмы желудочно-кишечного тракта, а также система ферментов тканей — глутаматдегидрогеназа, катализирующая восстановительное аминирование α -кетоглутаровой кислоты; глутаминсинтетаза, участвующая в синтезе глутамина; карбамилфосфатсинтетаза, обеспечивающая включение аммиака в пиримидины и аргинин. Не исключена возможность восстановления аминирования кетокислот в обратной реакции, катализируемой оксидазами α -аминокислот, восстановительного амидирования карбоксильных групп белковых молекул и т. д.

В настоящее время теоретически разработаны физио-биохимические основы эффективного применения небелковых азотистых соединений [6; 10], которые все более широко используются в рационах жвачных животных.

В кормлении свиней и птицы, несмотря на имеющиеся положительные результаты, полученные в отдельных опытах, применять небелковые азотистые соединения практически нет необходимости, ибо в обычных хозяйственных рационах, как правило, заменимые аминокислоты не бывают лимитирующими.

10.2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ НЕБЕЛКОВЫХ АЗОТИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Мочевина ($\text{H}_2\text{N} \cdot \text{CONH}_2$) — амид угольной кислоты или карбамид является одной из наиболее распространенных форм небелкового азота, применяемой в кормлении животных. Если считать, что в ней содержится 46,65% азота переваримостью 100%, то 100 г мочевины соответствуют $(46,65 \times 6,25)$ 291,56 г сырого протеина. Некоторые исследователи считают, что в рубце для синтеза микробного белка используется 70—90% небелкового азота, а значит, 100 г мочевины эквивалентно 200—260 г переваримого протеина. Это не совсем правильно, ибо наряду с бактериальным потреблением азота мочевины какая-то его часть в виде аммиака всасывается в кровь, участвуя затем в синтезе белка.

Мочевину широко применяют в кормлении жвачных в качестве компонента комбикормов (до 3%) или полнорационных кормовых смесей (до 1%).

Мочевина входит в состав специальных кормовых добавок, за счет которых хозяйственные рационы балансируют по протеину. Это гранулированные и жидкие высокопротеиновые добавки.

Гранулированные высокопротеиновые добавки имеют следующий примерный состав (%): сухой жом — 67—80, патока — 10—15, травяная мука — 20, мочевина — 4—8, минеральные добавки — 14. Карбамид в составе гранул медленнее растворяется в рубцовом содержимом, поэтому процессы его гидролиза и выделение аммиака проходят постепенно, без сильного увеличения концентрации последнего. При таких условиях аммиак используется более полно.

Заслуживает внимания применение высокопротеиновых добавок, содержащих легкопереваримые углеводы и мочевину. К ним можно отнести препарат «Солур» — смесь растертого или пропаренного картофеля с мочевиной. В США разработана технология производства добавки «Стареа» — смесь мочевины с тонко размолотым зерном или другим источником крахмала, прошедшая баротермическую обработку в среде с повышенной влажностью. Разработана технология приготовления протеиновой добавки из муки и мочевины путем экструзии. При ее скармливании происходит замедленное освобождение аммиака из мочевины и создаются хорошие условия для синтеза микробного белка в рубце.

В процессе воздействия температуры и давления крахмал зерна становится более доступным для ферментов, вследствие чего одновременно с освобождением аммиака освобождается легкодоступный источник энергии. Опыты показали, что протеиновые добавки с легкодоступным источником энергии по своей питательной ценности приближаются к соевой муке и шроту.

Жидкие высокопротеиновые добавки получают в результате растворения мочевины в патоке (1 : 9). Такие добавки смешиваются с сухими компонентами основного рациона при точном соблюдении указанной дозировки. Она улучшает вкусовые качества кормов, создает более благоприятные условия для использования азота мочевины в преджелудках.

Одним из наиболее рациональных способов использования небелкового азота в кормлении жвачных является введение мочевины в силос (0,3—0,5%). Такая добавка способствует лучшему сохранению питательных веществ в силосе, обогащению его протеином, аминокислотами, витаминами, обеспечивает равномерное поступление небелковых азотистых соединений в организм животного. Аммиак, образующийся при распаде карбамида, связывается с органическими кислотами силоса, что исключает возможность его токсического действия. В процессе заготовки в силос вносят также сернокислый натрий или сульфат аммония, сера которых используется для синтеза серусодержащих аминокислот — метионина и цистина, играющих важную роль в белковом обмене.

Главным недостатком мочевины является ее быстрый (в течение 1—2 ч) гидролиз в преджелудках под влиянием бактериальной уреазы с образованием большого количества аммиака, который может вызвать отравление или даже гибель животного. Поэтому при скармливании мочевины важно разработать такой способ скармливания, при котором она попадет в преджелудок небольшими дозами или как-то «защищена» от быстрого гидролиза.

Биурет ($\text{H}_2\text{N}\cdot\text{CO}\cdot\text{NH}\cdot\text{CO}\cdot\text{NH}_2$) получают при нагревании мочевины. В результате отщепления аммиака образуется изоциановая кислота, которая образует биурет со второй молекулой мочевины. Содержит 40,77% азота, 100 г биурета эквивалентны 255 г сырого протеина.

Этот препарат в ряде стран запатентован как кормовая добавка. Биурет не вызывает острых отравлений, наблюдающихся иногда при скармливании мочевины. Учитывая,

что мочевина дает отравление в составе рационов, бедных легкопереваримыми углеводами, биурет используют для улучшения грубого корма низкого качества.

При изучении механизма использования биурета установлено, что он расщепляется микрофлорой рубца, который также является основным местом его утилизации [11; 12]. Биурет не используется бактериями рубца тех животных, которым его ранее не скармливали. Введенный в кровь или кишечник биурет выводится с мочой в неизмененном виде [15].

Время адаптации микрофлоры рубца к использованию биурета составляет 21—42, а иногда 70—80 дней. Наличие в рационе легкопереваримых углеводов способствует ускорению процесса адаптации. Так, при 20% зерна в рационе максимальную биуретическую активность отмечали уже через десять дней после начала скармливания биурета.

Недостатками биурета следует считать быструю потерю адаптации к его использованию, а также тот факт, что часть биурета всасывается в кишечник животных. При одинаковой переваримости биурета и мочевины лучший баланс азота отмечается при скармливании мочевины.

Фосфат мочевины или уреафосфат ($\text{H}_2\text{N}_2\cdot\text{CO}\cdot\text{NH}_2\cdot\text{H}_3\text{PO}_4$) — это вещество, содержащее мочевину и ортофосфорную кислоту в молярном соотношении 1 : 1 (62% ортофосфорной кислоты и 38% мочевины). В обычных условиях уреафосфат является более устойчивым и менее гигроскопичным, чем мочевина. Водные растворы его имеют pH 1—2. Токсичность фосфата мочевины примерно в два раза меньше мочевины [17].

Фосфат мочевины дает возможность одновременно вводить в рацион азот и фосфор. Рекомендуется заменять фосфатом мочевины не более 20% протеина рациона, так как его присутствие снижает поедаемость корма животными [4; 16].

ОПАКМ — обогащенный продукт автоконденсации мочевины, представляет собой комплексную амидоконцентрированную добавку, содержащую 32% азота, 8,5 — фосфора, 2,5% серы, 17 мг% цинка, 15 — меди и 3 мг% кобальта. Азотистые компоненты представлены биуретом, циануровой кислотой, триуретом, мочевиной и солями аммония. ОПАКМ позволяет балансировать силосные и жомовые рационы молодняка крупного рогатого скота одновременно по азоту, фосфору, сере и микроэлементам. Препарат не слеживается при хранении и хорошо смешивается с комбикормами.

В связи с тем, что в состав ОПАКМ входит биурет, препарат можно скормливать без предварительного периода приучения. По продуктивному действию в отдельных опытах ОПАКМ не отличался от смеси зерновой дерты и гороха и превосходил мочевины и ее смесь с диаммонийфосфатом.

Амидофосфат (АФ) — препарат, синтезированный Дзержинским филиалом ГИАП (СССР), представляет собой гранулированное соединение, содержащее 60,8% карбамида, 21,1 — диаммонийфосфата, 17,7 — моноаммонийфосфата, 34,5 — азота и 9,2% фосфора. В отличие от мочевины практически не слеживается, прочность гранул в 3—5 раз больше, чем у карбамида. Гидролиз АФ протекает более равномерно по сравнению с мочевиной. Замедленное образование аммиака способствует более интенсивному использованию его для синтеза микробного белка в рубце. Токсичность препарата в два раза меньше, чем карбамида. У валухов опытной группы, получавших рацион, в котором 20% протеина было заменено АФ, шерсть оказалась на 4,3 мм длиннее, а привесы — на 4% выше по сравнению с контрольной группой.

Ацетамид ($\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{NH}_2$) содержит 23,72% азота, гигроскопичен, имеет неприятный мыльный запах. Получают ацетамид путем нейтрализации уксусной кислоты аммиаком до ацетата аммония и дегидрированием последнего. При замене 20% азота в рационе молочных коров ацетамидом использование азота равнялось использованию естественного протеина корма и превосходило соответствующий показатель у мочевины. Использование ацетамида должен предшествовать продолжительный период адаптации [14].

Ацетилмочевина ($\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH}_2$) содержит 27,45% азота, плохо растворима в воде, получают ее ацетилированием мочевины уксусным ангидридом в растворе уксусной кислоты. При скормливании в обычных дозах не токсична. Применение ацетилмочевины не требует периода адаптации. Непосредственно в рубце ацетилмочевина не используется, а всасывается в кровь, вступает в межклеточный обмен, в результате чего происходит отщепление ацетильного радикала, и свободная мочевина через руменогепатический кругооборот возвращается в рубец, где она, как и мочевина любого другого происхождения, используется бактериями. При замене 30% протеина в рационе коров ацетамидом получены такие же результаты, как и при скормливании соевого жмыха и мочевины.

Изобутилидендимочевина ($\text{CH}_3 \cdot \text{CH} \cdot \text{CH} \cdot \text{NH} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH}_2$) содержит 30% азота, почти нерастворима в воде, без вкуса и запаха, имеет вид белого аморфного порошка. В последнее время ИБДМ усиленно рекламируется некоторыми западными фирмами как идеальный заменитель протеина для жвачных, характеризующийся медленным освобождением аммиака в преджелудках и наличием дополнительной энергии в форме альдегида изомасляной кислоты. Следует, однако, отметить, что проведенные физиолого-биохимические исследования по использованию ИБДМ в организме животных показали, что основная часть азота в форме аммиака освобождается из ИБДМ в течение первых 6—8 часов в верхнем отделе тонкого кишечника, где и всасывается в кровь, вследствие чего азот ИБДМ может быть использован для синтеза бактериального белка в преджелудках лишь путем руменогепатической циркуляции. Однако для детоксикации всосавшегося аммиака в тонком отделе кишечника необходима дополнительная затрата энергии, что отрицательно влияет на синтетические процессы в организме. Альдегид изомасляной кислоты не используется микроорганизмами рубца, слабо метаболизируется в организме и выводится из него с мочой. Полученные результаты, таким образом, противоречат рекламируемой возможности рационального применения изобутилидендимочевины для кормления жвачных, особенно коров, так как наличие альдегида в молоке ухудшает его вкусовые качества.

Нитраты (соли азотной кислоты) поступают в рубец при скормливании животным зеленых кормов и корнеплодов, особенно при внесении под кормовые культуры больших доз азотных удобрений. Допустимым считается содержание 1% нитратов в сухом веществе корма, в то время как на практике их уровень нередко достигает 6%. В рубце нитраты восстанавливаются через нитриты и гидроксилламин до аммиака. Однако вместе с аммиаком часть нитратов и нитритов все же всасывается из рубца в кровь. Нитриты в крови обуславливают превращение гемоглобина в метгемоглобин, что является причиной отравления животных. Считается, что содержание 20 мг нитритов в 100 мл рубцовой жидкости уже является токсической дозой. Поэтому применять нитраты в качестве азотистой добавки не рекомендуется.

Клатрат мочевины с высшими жирными кислотами представляет собой твердое вещество, в котором мочевина с высшими жирными кислотами связана только физиче-

ски (20% жирных кислот и 80% мочевины). В воде и спирте хорошо растворяется, при этом происходит разделение клатрата на мочевину и высшие жирные кислоты. Клатрат мочевины является источником энергии и мочевины одновременно. Кроме того, одноцепочные высшие жирные кислоты можно скармливать животным в гомогенной, хорошо диспергированной форме.

Клатрат мочевины с высшими жирными кислотами использовался лишь в отдельных опытах, на основании которых нельзя сделать окончательных выводов. Эффективность его применения, очевидно, будет зависеть от природы жирных кислот, входящих в состав клатрата мочевины, ибо освобожденная мочевина будет метаболизироваться в расторе обычным путем.

Аммонийные соли неорганических и органических кислот получают, как правило, при пропускании газообразного аммиака через растворы соответствующих кислот или путем смешивания кислот с раствором аммиака или карбоната аммония.

Хлористый аммоний (NH_4Cl) содержит 26,19% азота, горьковато-соленый на вкус, является побочным продуктом производства соды. Применение хлористого аммония как частичного заменителя протеина в кормлении ограничено вследствие отрицательного влияния хлора. Уровень хлористого аммония в рационе жвачных не должен превышать 15% по протеину.

Фосфорнокислый аммоний — одно- $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ и двузамещенный $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ — содержит соответственно 12, 18 и 21, 22% азота, 23, 45 и 24, 26% фосфора. Употребляется как частичный заменитель протеина, а также для сбалансирования рациона по фосфору.

Сульфат аммония $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ содержит 21,21% азота и 24,26% серы. Применяется одновременно как заменитель протеина и для сбалансирования рациона по сере.

Аммонийные соли органических кислот — ацетат аммония ($\text{CH}_3\text{—COONH}_4$), содержащий 18,17% азота, и лактат аммония ($\text{CH}_3\text{—НСОН—COONH}_4$), содержащий 13,09% азота. Будучи источником азота, эти соли имеют также высокую энергетическую ценность. Однако применение их ограничено из-за высокой цены и по некоторым другим соображениям.

Из всех перечисленных синтетических азотистых соединений наиболее широко используется мочевина, так как она является физиологическим продуктом метаболизма, про-

мышленное производство ее хорошо налажено, а стоимость невелика. Основной недостаток мочевины — быстрое освобождение аммиака — компенсируют системой кормления, при которой обеспечиваются наиболее благоприятные условия для синтеза микробного белка в преджелудках за счет включения в рацион оптимального количества легкопереваримых углеводов, минеральных веществ и микроэлементов, а также скармливания мочевины в составе добавок, богатых легкопереваримыми углеводами.

Заслуживает внимания использование в кормлении жвачных аммонизированных объемистых кормов, для приготовления которых аммиачный азот или мочевину вводят в состав силоса. В этом случае азот САВ (синтетические азотистые вещества) поступает в преджелудки малыми порциями в течение суток, что исключает одновременное образование аммиака в больших дозах. Наиболее эффективным следует считать скармливание мочевины в составе полнорационной кормовой смеси в гранулированном, брикетированном или рассыпном виде. При соблюдении этих условий мочевина имеет преимущество перед другими САВ, особенно тех, при скармливании которых аммиак освобождается не в преджелудках (месте его использования), а в других отделах желудочно-кишечного тракта, как, например, это имеет место при скармливании изобутилендимочевины. Освобождение мочевины в тканях и поступление ее в преджелудки в результате румено-генетической циркуляции также нельзя назвать эффективным способом использования САВ (например ацетилмочевина). Основным путем утилизации азота САВ в организме жвачных является создание благоприятных условий для его непосредственного использования микроорганизмами в преджелудках жвачных.

10.3. ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЗОТИСТЫХ ВЕЩЕСТВ И ЕГО ПРОФИЛАКТИКА

Использование азота зависит от природы САВ, способа их скармливания, состава рациона и состояния животных. В конечном итоге главным является скорость освобождения аммиака и особенности использования его для синтеза микробного белка в преджелудках. При скармливании, в частности, мочевины распад последней в рубце происходит в несколько раз быстрее, чем усвоение бактериями образующегося аммиака [9].

При содержании 100 мг аммиака в 100 мл рубцовой жидкости наступает отравление животного.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке путей снижения скорости гидролиза мочевины. Были испытаны такие ингибиторы уреазы, как медь, барбитуровая кислота, антибиотики и другие вещества, которые в отдельных опытах улучшали использование азота мочевины и продуктивность животных. Аналогичные результаты получены при иммунизации животных растительной уреазой. Однако на практике эти методы не получили широкого распространения, и основным способом улучшения использования азота мочевины считают уменьшение ее растворимости за счет гранулирования, разработки препаратов мочевины и других небелковых соединений, обеспечивающих медленное и постепенное образование аммиака в рубце.

Использование биурета не предохраняет животных от отравления, ибо при благоприятных условиях происходит быстрая адаптация микрофлоры рубца и гидролиз этого соединения идет с большой скоростью.

Токсическое действие аммиака проявляется при концентрации его в крови более 1 мг%. Предполагается, что при скармливании мочевины причиной токсикоза является накопление в крови карбоната аммония, который образуется при гидролизе мочевины в рубце. Поступив в кровь, аммиак при высокой концентрации превращает гемоглобин в основной гематин, что ведет к параличу дыхательного центра. Во время интоксикации развивается ацидоз респираторного происхождения, при котором количество углекислого газа в плазме крови увеличивается, а парциальное давление кислорода снижается. После появления признаков затрудненного дыхания возможна гибель вследствие сердечной недостаточности.

При скармливании больших доз мочевины наблюдается снижение уровня глюкозы, повышение содержания кетокислот в крови, изменение окислительно-восстановительных процессов в печени, в частности снижение НАДФ изоцитратдегидрогеназы митохондрий, что свидетельствует о глубоких нарушениях в энергетическом обеспечении синтетических процессов в организме. Значительные изменения отмечаются и в аминокислотном обмене — снижается концентрация серина, глицина, гидроксипролина, увеличивается концентрация аргинина, цитрулина и орнитина. Рост уровня последних способствует повышению активности ферментов мочевинообразования. Снижение уровня глицина вы-

зывает синтез глутамина, который связывает аммиак, что способствует активному участию азота аммиака в синтезе других аминокислот путем реакции трансамирования или в синтезе мочевины без дополнительной затраты энергии. Учитывая, что основным способом обезвреживания аммиака в организме является синтез мочевины, большое значение уделяется активности ферментов мочевинообразования. Их активность повышается с течением времени, поэтому отравлений мочевиной у животных, приученных к ней постепенно, практически не бывает. Одним из факторов, влияющих на возможность отравления аммиаком, является кислотность содержимого рубца. При кислой реакции всасывание аммиака в кровь снижается вследствие перехода недиссоциированного аммиака (NH_3) в диссоциированную форму NH_4^+ .

Эффективным способом лечения скота при отравлении является введение в рубец раствора уксусной кислоты.

Главным при использовании САВ является профилактика отравлений. Разработанные и апробированные способы скармливания САВ исключают возможность образования повышенной концентрации аммиака в преджелудках.

10.4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САВ

Дефицит протеина в рационах сельскохозяйственных животных является важнейшим фактором, сдерживающим дальнейший рост их продуктивности. Возможность восполнения дефицита протеина за счет САВ способствует также более рациональному использованию кормов.

Установлено, что при скармливании 1 кг мочевины в дефицитных по протеину рационах можно получить дополнительно 9—10 кг молока или 2 кг мяса. Дополнительный прирост массы на 1 кг скармливаемой мочевины в рационах откормочного молодняка составил от 1—3 кг и более [7]. Во всех случаях добавка мочевины приводит к повышению переваримости протеина и других питательных веществ рациона. Однако степень усвоения азота, как и продуктивность животных при скармливании САВ, зависит от обеспеченности рациона энергией, минеральными веществами, витаминами, углеводами, соотношения белкового и небелкового азота. Чем лучше сбалансирован рацион по питательным веществам, чем меньше небелкового азота в рационе, тем выше эффективность скармливания САВ.

Эффективность использования САВ зависит и от способа их применения. Скармливание больших доз небелкового азота, отсутствие благоприятных условий для синтеза бактериального белка в преджелудках приводит к значительной потере энергии, необходимой для синтеза мочевины в организме, в результате чего продуктивность животных может снижаться. Такое явление имеет место при скармливании САВ в рационах с избытком протеина.

При соблюдении рекомендаций по использованию САВ всегда имеется экономический эффект, величина которого зависит и от себестоимости отдельных источников небелкового азота. При скармливании наиболее дешевого небелкового азота — мочевины — каждый затраченный рубль дает 10 рублей дополнительной прибыли.

Комплексная механизация животноводства на промышленной основе дает возможность использовать САВ для восполнения дефицита протеина (20—30%) в масштабах всей страны, что существенно повысит степень использования питательных веществ и положительно скажется на экономике хозяйств при производстве говядины, молока и шерсти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brauriedel W. R.—Chang J.—Ramsey J. C.—Camehl E. O.: J. Anim. Sci., 29, 1969, s. 151.
2. Jensen H. L.—Schröder H.: J. Appl. Bact. 28, 1965, s. 473.
3. Kaufmann W.—Hagemeister, H.: Milchwissenschaft, 28, 1973, s. 347.
4. Münchov H.—Gupta J. N.—Bergner H.: Arch. Tierernähr. 23, 1973, s. 329.
5. Perez C. B.—Warner R. G.—Loosli J. K.: Anim. Sci., 26, 1967, s. 810.
6. Seidler S.—Wolczakowa J.—Krol S.: Zeszyły problemowe postepow Nauk rolniczych, 101, 1970, s. 189.
7. Schröder H. E.: J. Agric. Sci., 75, 1970, s. 231.
8. Virtanen A. I.: Nachrichten der Giesener Hochschulgesellschaft, 33, 1964, s. 73.

11. КУХОННЫЕ ОТХОДЫ

11.1. ВИДЫ ОТХОДОВ, ИХ СВОЙСТВА

Кухонные отходы можно рассматривать как один из источников корма для сельскохозяйственных животных, в частности свиней. Количество кухонных отходов, используемых в этих целях, имеет тенденцию к увеличению с ростом городского населения, расширением сети столовых и других заведений общественного питания. Количество кухонных отходов прямо пропорционально потерям продуктов питания в расчете на душу населения.

В таблице 68 приведены потери некоторых видов продуктов в целом по стране (ЧССР).

Таблица 68. Потери некоторых видов продуктов в ЧССР (1980 г.)

Вид продукта	Потери, %	Вид продукта	Потери, %
Мясо	17,2	Картофель	32,55
Молоко	13,82	Капуста	17,8
Яйца	18,0	Фрукты	12,0
Мука	6,0		

Следует заметить, что к общим потерям мяса относят массу удаленных из него костей, у яиц это также масса скорлупы, а в приведенные показатели по картофелю, овощам и фруктам не входят потери, возникающие при хранении. У сухофруктов в показатель потерь входят различные пленки и косточки.

Общие потери продуктов, возникающие при их чистке и варке, а также неполном потреблении, весьма высоки. Теряются большие количества питательных и минеральных веществ, которые могут быть рационально использованы в животноводстве. В первую очередь это касается высокобелковых молочных и мясных отходов, а также высокоэнергетических мучных и картофельных отходов. Потери всех продовольственных продуктов в целом по ЧССР эквивалентны 200 000 т зерна в год. Такого количества корма достаточно для откорма не менее 500 000 свиней.

Сбор и утилизация кухонных и других пищевых отходов важны также с точки зрения охраны окружающей среды.

11.2. СБОР И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

Организованный сбор и переработка кухонных отходов для кормовых целей приобретают все большее значение. Даже в странах, богатых фуражным зерном, пищевые отходы считают дешевым источником кормов, особенно для производства свинины [1].

Большое внимание этому вопросу уделяют в ГДР (например, г. Карл-Маркс-Штадт). В этом городе отходы собирают с 1954 г. Начав с откорма 8000 свиней, в 1973 г. на основе использования пищевых отходов откармливали уже свыше 22 000 свиней. На каждого жителя города в год собирают по 45 кг кухонных отходов.

В Лейпциге специальная кормовая паста производится на основе кухонных отходов и содержимого рубца крупного рогатого скота и желудка свиней. Масса содержимого преджелудков и желудка составляет 17% живой массы крупного рогатого скота и 5,7% живой массы свиньи. Сухое вещество желудков содержит 7—10% протеина, 1,4—2,1 — жира, 36—49 — клетчатки, 31—35 — БЭВ и 6—9% чистого белка. При изготовлении пасты компоненты берутся в следующем соотношении: 71% кухонных отходов, 15% — содержимого желудков и 14% зерновых кормов.

С точки зрения использования кухонных и пищевых отходов интересен опыт г. Гессау (ГДР). Там в кормовую пасту добавляют рыбные отходы, а также боенскую кровь и содержимое желудков. Такую кормовую пасту, обогащенную концентратами, скармливают не только свиньям, но и молодняку крупного рогатого скота на откорме. При ежедневном скармливании 8—12 кг пасты среднесуточный прирост живой массы бычков достигает 0,98 кг.

В Болгарской Народной Республике с 1961 г. во всех городах с населением свыше 10 000 жителей организован сбор кухонных отходов. Наиболее крупным центром по переработке отходов является София, где с этой целью построен комбинат «Фуражна База», занимающийся сбором, перевозкой и переработкой пищевых отходов. Его конечная продукция — кормовая паста, содержащая 20% сухого вещества. Суточное поступление пищевых отходов на комплекс составляет 90 т.

В США сбор кухонных отходов осуществляют уже более 20 лет в 41 крупном городе, используя их в качестве корма для свиней.

Использование кухонных и пищевых отходов растет и в ЧССР. В целом под кормовыми отходами понимают побочную продукцию (органическое вещество) пищевой промышленности, а также отходы предприятий общественного питания и домашнего хозяйства. Их годовая продукция составляет примерно 5 млн. тонн стоимостью 2 млрд. крон [2]. Из этих отходов получают ценный продукт — кормовую пасту. В ЧССР существуют около четырех десятков предприятий по переработке кормовых отходов. Среди передовых предприятий по сбору, переработке и использованию пищевых отходов можно отметить комбинат по переработке кормовых отходов (Прага), откормочный свинокомбинат «Морваны», «Агрокомбинат» (Ровинки), комбинат в сельскохозяйственном кооперативе «Высока», комбинаты «Младейвице» и «Яромерж».

Наибольшее количество кормовой пасты производят в Праге. Здесь перерабатывают до 100 тонн кухонных и пищевых отходов в сутки. Кормовая паста поставляется сельскохозяйственным предприятиям пригородной зоны. Цена 1 т пасты — 400 крон — не покрывает расхода по ее производству, поэтому комбинат по переработке пищевых отходов получает государственную финансовую дотацию.

В кормовую пасту включают 20% пивной дробины, картофельные и некоторые другие отходы местных предприятий.

Интересен опыт работы откормочного свинокомбината «Морваны». Здесь отходы, собранные накануне, перерабатывают в кормовую пасту и вечером того же дня или на следующее утро скармливают. Состав пасты нестандартный и зависит от вида поступивших отходов. Питательная, витаминная и минеральная ценность пасты обычно невелика, а поэтому ее обогащают различными добавками.

Предприятие «Морваны» является экспериментальным. Здесь внимательно изучают и анализируют процессы сбора, транспортировки, переработки и использования пищевых отходов. По данным некоторых авторов, из общего количества кормовых отходов (11 972,2 т), собранных в 1973 г., 73% приходилось на предприятия пищевой промышленности и лишь 27% — на предприятия общественного питания и домашние хозяйства [2]. В состав отходов входили кухонные отходы (27%), отходы картофеля (25%), сыворотка

(19%), а также отходы мясной промышленности, шкварки, кукурузные зародыши, хлеб, пивная дробина и т. д. Кормовая паста содержала 8,8—11,3% сухого вещества и 1,6—2,7% протеина, рН равнялось 5,2—5,5%.

Межхозяйственное объединение «Агрокомбинат» (Ровинки) на 10000 свиней создано за счет средств 19 организаций-пайщиков.

Здесь также производят и используют кормовую пасту из кухонных и пищевых отходов, поступающих в основном из Братиславы. В число составных компонентов пасты входят также различные отходы мельничного производства, пищевой промышленности, предприятий по переработке овощей и фруктов.

Паста содержит 18—20% сухого вещества и составляет основу рациона для свиней живой массой более 30 кг. В год ее вырабатывают около 9000 т. Технологический процесс несложен: отходы измельчают (растирают), стерилизуют в специальных запарниках, тщательно перемешивают в гомогенизирующей емкости. Затем масса подается в смесители, где она обогащается различными добавками.

При сборе, транспортировке и переработке пищевых отходов особое внимание следует уделять различным гигиеническим и ветеринарным аспектам. Все оборудование должно содержаться в чистоте и периодически промываться и дезинфицироваться. Решительную борьбу надо вести против различных насекомых, мышей и крыс.

На основании 49 химических анализов кормовой пасты, производимой в разных районах ЧССР, был определен ее средний состав в целом по стране (%): вода — 78—86; сухое вещество — 14—22; протеин — 0,3—3,5; сырой жир — 0,2—5,8; зола — 0,4—2,5; сырая клетчатка — 0,1—2,2; БЭВ — 2,8—12%.

Энергетическая ценность исследованных образцов находилась в прямой зависимости от содержания в них сухого вещества. Коэффициент переваримости протеина колебался от 51 до 82%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Slavík L.: Informační bulletin ÚVAÚ Praha, 2, 1974.
2. Štefánek J.—Černocký A.: Informační bulletin ÚVAÚ, Praha, 4, 1975.
3. Kríšk a J. a kol.: Syst m využitia kuchynských odpadov. Záverečná správa ÚVAÚ Bratislava, 1978.

12. НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМА В РАЦИОНАХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Нетрадиционные корма необходимо включать в научно обоснованные системы кормления различных производственных групп крупного рогатого скота с целью повышения полноценности рационов, увеличения производства молока и мяса, снижения затрат на единицу продукции.

12.1. ОТХОДЫ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Из отходов животного происхождения наибольшее значение имеют технический и кафилярный жиры, сыворотка, содержимое преджелудков крупного рогатого скота и желудка свиней, экскременты птицы, крупного рогатого скота, свиней.

12.1.1. СКАРМЛИВАНИЕ ЖИРА

Повышение концентрации энергии в рационах дойных коров и откормочного молодняка способствует значительному росту продуктивности животных при одновременном снижении затрат зерновых в расчете на единицу продукции. Поэтому скармливание говяжьего сала, свиного смальца и кафилярных жиров приобретает все большее значение. Скармливание жиров благоприятно влияет на физиологические процессы в преджелудках жвачных. Известно, что у животных много энергии теряется с метаном. Например, корова затрачивает на образование метана около 18% переваримой энергии. С увеличением количества жира в рационах потери энергии снижаются. При содержании 1% жира в рационе потери энергии с метаном составляют 13%, а при 3,5% жира — 11,7% [40]. Следовательно, обогащение рациона животным жиром не только повышает концентрацию в нем энергии, но одновременно уменьшает образование метана в преджелудках, улучшая тем самым использование энергии всего рациона. Некоторые авторы указывают на возможные отрицательные последствия использования кафилярных жиров, полученных при экстрагировании с перхлорэтиленом [29]. Кафилярные жиры, выработанные

таким способом, могут содержать остатки экстрагирующих веществ, гепатоксические и другие вредные соединения. Доказана способность этих вредных веществ накапливаться в жировых тканях животных, что отрицательно влияет на качество убойной продукции.

Использование жира в рационах дойных коров. Животный жир имеет большое значение в кормлении дойных коров как средство, повышающее концентрацию энергии в рационе при сокращении уровня зерновых. Как правило, в этих целях используют смесь говяжьего сала и свиного смальца. Содержание питательных веществ в кормах, обогащенных животным жиром (80% говяжьего сала и 20% свиного смальца), приведено в таблице 69.

Таблица 69. Содержание питательных веществ в кормах обогащенных животным жиром (%)

Компонент	Люцерновая мука	Ячменный шрот
Сухое вещество	93,86	89,98
Протеин	12,67	9,01
Жир	40,01	20,47
Клетчатка	16,82	2,92
БЭВ	18,23	55,25
Зола	6,13	2,33

Люцерновая мука и ячменный шрот, обогащенные жиром, очень хорошо смешиваются с другими кормами и поэтому могут с успехом использоваться при промышленном производстве комбикормов. Корма, обогащенные 5% животного жира, повышали концентрацию энергии в кормосмеси с 0,646 крахм. ед. до 0,689 крахм. ед. в расчете на 1 кг сухого вещества. Результаты скормливания дойным коровам рациона, содержащего 5 и 10% животного жира, приведены в таблице 70 [27].

Многочисленные опыты по скормливанию животного жира дойным коровам проводились в Дании. На основании их были сделаны следующие выводы:

- добавка 100 г переваримого жира повышает удой на 0,5—0,9 кг молока с базисной жирностью до тех пор, пока на 1 кг молока (жирность — 4%) приходится не более 20—30 г жира;
- при более высоких добавках жира содержание молочного жира падает;

Таблица 70. Влияние различного уровня животного жира в рационе на продуктивность и оплату корма у коров

Уровень животного жира в смеси, %	Наполнитель для животного жира	Затрата смеси на продукцию 1 кг молока базисной жирности, г	Затрата крахм. ед. на продукцию 1 кг молока базисной жирности	Суточная продукция		
				молоко базисной жирности, кг	молочный жир, г	белок, г
0	Люцерновая мука	380	0,313	22,71	864	811
5	Люцерновая мука	353	0,313	24,25	957	783
10	Люцерновая мука	350	0,320	24,09	945	800
0	Ячменная дерть	377	0,331	18,15	706	664
5	Ячменная дерть	342	0,328	19,37	758	760
10	Ячменная дерть	345	0,353	19,10	757	674

— при скормливание кормосмеси, состоящей в основном из объемистых кормов (сено, силос), потребность коров в жире уменьшается;

— качество молока и масла при скормливание животного жира не ухудшается.

В ЧССР рекомендуется включать животные жиры в количестве 4—5% в кормосмеси дойных коров с годовой продуктивностью 4000 кг молока [27]. Целесообразно при этом использовать такой ценный наполнитель, как люцерновая мука, которая связывает до 40% животного жира. Необходимо помнить, что добавки животного жира следует регулировать в зависимости от содержания жира в основном рационе. Общее количество жира в пересчете на сухое вещество в рационе не должно превышать 5—6%. В качестве примера приведем два рациона, которые можно использовать для кормления дойных коров.

	I	II
Люцерновая мука, обогащенная жиром (40% животного жира)	15,5%	—
Ячменная дерть, обогащенная жиром (20% животного жира)	—	25,0%
Ячменная дерть	37,5%	25,0%
Экстрагированные шроты	20,0%	20,0%
Кормовая мука	10,0%	10,0%
Пшеничные отруби	15,0%	15,0%
Люцерно-картофельный премикс (МКП)—III	3,0%	3,0%
Мочевина	2,0%	2,0%

Использование жира в рационах телят. Молочный жир содержит в основном насыщенные жирные кислоты с короткой углеводородной цепочкой. С этой точки зрения с молочным жиром более всего схож свиной смалец, говяжье сало и затвердевший рыбий жир. Многочисленные опыты свидетельствуют, что замена в ЗЦМ молочного жира свиным смальцем не оказывает отрицательного влияния на показатели роста и развития телят. Переваримость жира у телят с возрастом снижается [20]. При скармливании жира, содержащего низкомолекулярные жирные кислоты, достигается максимальное отложение азота. Рекомендуется следующий состав ЗЦМ для телят (%):

сухой обрат — 75,0; свиной смалец — 20,0; глюкоза — 2,5; лецитин соевый — 1,0; минкап (минеральная кормовая добавка) — 0,3; поваренная соль — 0,2; премикс — 1,0.

При скармливании жидких кормов добавка животного жира не должна превышать 2% [30]. В противном случае возникают нарушения пищеварения.

Использование жира в рационах откармливаемого скота. Рацион откормочных животных может содержать до 5% жира. Более высокие добавки неблагоприятно влияют на ферментативные процессы в рубце и снижают продуктивность.

В США, например, рекомендуют добавлять жир в количестве 200—250 г на одно животное в день [30]. Целесообразно вводить жир в гранулированные корма на уровне 2—4%.

12.1.2. СКАРМЛИВАНИЕ СЫВОРОТКИ

Сыворотка содержит примерно 50% сухого вещества цельного молока.

В настоящее время в ЧССР для кормовых целей выделяется 700 млн. литров сыворотки. Из этого количества 6% сыворотки сушится. Из-за низкого содержания сухого вещества в сыворотке транспортировка ее на большие расстояния чрезвычайно неэкономична. Перспективно использование сухой сыворотки, содержащей 95,5% сухого вещества, 12,9 — протеина, 0,9 — жира, 8 — золы, 0,6 — кальция, 0,6 — фосфора, 0,7 — натрия и 73% лактозы [44]. Однако следует помнить, что сушка сыворотки чрезвычайно энергоемкий процесс.

В последние годы сухую сыворотку начали использовать в качестве субстрата для производства микробной биомассы, содержащей 32—44% протеина [14]. Промышленное дрожжевание сыворотки получило распространение во Франции. Примерный состав сладкой и кислой сыворотки дан в таблице 71 [14].

Таблица 71. Состав (%) сладкой и кислой сыворотки

Компонент	Сыворотка	
	сладкая	кислая
Вода	93—4	94—5
Сухое вещество	6,0—7,0	5—6
Молочный жир	следы до 0,8	Следы
Белок	0,7—1,0	0,7—1,0
Молочный сахар (лактоза)	4,5—4,8	3,8—4,2
Минеральные вещества	0,5—0,7	0,7—0,8
Молочная кислота	Следы	до 0,8
Лимонная кислота	0,1	0,1

В кормлении крупного рогатого скота можно использовать:

- сгущенную сыворотку в качестве компонента гранулированного корма (10%);
- сухую сыворотку в количестве 5% как добавку к рациону телят [19];
- кислую сыворотку, содержащую 48% воды, как основу (53%) для изготовления специального лизунка в сочетании с мочевиной и жиром;
- выпаивать сыворотку откармливаемому скоту в количестве 10 л на животное в сутки (особенно в подгорных и горных областях).

12.1.3. СКАРМЛИВАНИЕ СОДЕРЖИМОГО ПРЕДЖЕЛУДКОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА И ЖЕЛУДКА СВИНЕЙ

Некоторые исследователи рекомендуют содержимое рубца добавлять в силос при его закладке [1]. Сухое содержимое преджелудков по своей питательности приближается к овсу [23]. В таблице 72 приведен состав сухого содержимого рубца в сравнении с хорошим луговым сеном.

Таблица 72. Состав (%) сухого содержимого рубца

Компонент	Хорошее луговое сено	Сухое содержимое рубца
Сухое вещество	90	90
Протеин	11,56	12,22
Жир	2,22	3,19
Зола	7,31	28,78
Клетчатка	28,80	28,78
БЭВ	40,66	33,16
Переваримый протеин	6,35	7,27

При изучении влияния сезона и типа кормления на питательную ценность сухого содержимого рубца оказалось, что при летнем типе кормления содержание протеина составляло 10,93%, при зимнем — 12,81% [28]. Уровень сухого вещества в течение года колебался от 13,27 до 15,76%.

При кормлении гранулированным кормом в содержимом рубца значительно понижался уровень БЭВ.

Поедаемость сухого содержимого преджелудков откармливаемыми бычками была плохой. На основании результатов проведенных опытов, учитывая высокие затраты на сушку рубцового содержимого, авторы не рекомендуют использовать его для кормления крупного рогатого скота.

12.1.4. СКАРМЛИВАНИЕ ЭКСКРЕМЕНТОВ ПТИЦЫ, КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА И СВИНЕЙ

Птичий помет. Птичий помет можно скормливать скоту лишь в сухом виде. Сухой помет содержит 98,98% сухого вещества, 28,56 — протеина, 12,04 — клетчатки, 3,42 — жира и 21,54% золы [12].

Целесообразно включать помет в полнорационные или дополняющие гранулированные комбикорма. Например, один из вариантов гранулированного корма для откармливаемого скота имеет следующий состав (%): зерновые — 30, сухой помет — 30, сухой свекловичный жом — 14,5, солома — 25,0, витаминный премикс — 0,5.

Из-за высокого уровня минеральных веществ в экскрементах отпадает надобность обогащать ими рацион.

В отдельных опытах дойным коровам скормливали кормосмесь, содержащую 30% помета, и получили положительные результаты. Однако до сих пор нет убедительных ве-

теринарно-санитарных разработок по этому вопросу, поэтому в настоящее время рекомендуют скормливать сухой птичий помет лишь откармливаемому скоту на уровне до 25% рациона.

Подстилка бройлеров. В подстилку бройлеров входят подстилочный материал, экскременты, остатки корма и перо. Ее питательная ценность во многом зависит от характера подстилочного материала. Например, подстилка бройлеров (подстилочный материал — опилки) содержала 73,06% сухого вещества и 8,83% переваримого протеина. Переваримость сухого вещества составила 46,68%, клетчатки — 14,41%.

Откормочному скоту скормливался рацион следующего состава: комбикорм — 1,17 кг, мяласса — 2,27 кг, кукурузный силос — 11,63 кг, подстилка бройлеров — 4,85 кг.

Среднесуточный прирост массы составил 936 г. Неблагоприятного влияния на качество убойной продукции не наблюдалось. Некоторые ученые рекомендуют силосовать подстилку бройлеров [9]. Засилосованная подстилка содержит 10,6—26,8% протеина. Ферментативные процессы при силосовании губительным образом воздействуют на кокцидиостатику. В таком силосе не было обнаружено мочевой кислоты, мочевины и креатина. При скормливании откормочному скоту засилосованной подстилки в сочетании с комбикормом был получен среднесуточный прирост живой массы 1150 г. Для предупреждения накопления кокцидиостатиков в организме животных подстилку исключают из рациона на 3—4 недели перед убоем.

Откармливаемому скоту в зависимости от живой массы рекомендуется ежедневно задавать 3—5 кг подстилки бройлеров. При совместном скормливании подстилки с мялассой затраты концентратов на откорм в целом уменьшаются на 25—30%.

Экскременты крупного рогатого скота. Опыт переработки и использования экскрементов крупного рогатого скота имеется в США и Франции.

Фирмы Interagra и А. Р. С. (Франция), Ceres Landcom-panу (США, Колорадо) первыми внедрили у себя механическую переработку экскрементов откармливаемого скота, назвав ее методом Bovis—Eco/Cereco.

Рацион включает кукурузное зерно (обработанное паром и неплющенное), гранулированную люцерновую муку, жидкую добавку Румиликс, богатую клетчаткой фракцию экскрементов (условное обозначение — С₁).

За весь период откорма используют два вида рационов, составленных с учетом интенсивности роста и физиологических потребностей откармливаемых животных (табл. 73).

Таблица 73. Состав рационов, содержащих экскременты крупного рогатого скота

Компонент	Живая масса, кг	
	250—400	400—500
Кукурузное зерно (обработанное паром и расплющенное), %	70	80
Люцерновая мука, %	20	12
Румиликс 36*, %	9	7
CaCO ₃ , %	1	1
Масса рациона без фракции С ₁ , кг	7,0	8,5
Масса фракции С ₁ , кг	1,5	2

* Состав добавки Румиликс 36: мелясса, мочевины, полифосфат алюминия, минеральные вещества, витамины.

Основой обоих рационов является кукурузное зерно, покрывающее 80—90% общей потребности животных в энергии.

Румиликс 36 (схожий по составу с вырабатываемым в ЧССР премиксом СД) обогащает рацион протеином, минеральными веществами и витаминами. 40% протеина в рационе приходится на синтетические азотсодержащие вещества.

При переработке экскрементов методом Bovis-Eco/Cereco получают три фракции. Фракция С₁ составляет 20% от общей массы экскрементов. Она богата клетчаткой и после промывки и добавления 20% резаной соломы помещается на 10—15 дней в сенажную башню, где частично ферментируется. Эта фракция включается в рацион откармливаемого скоту.

Фракция С₂ составляет 40% от общей массы экскрементов. Это так называемая белковая фракция, которую сушат, пелетируют и скармливают свиньям или птице.

Фракция С₃ (40% от общей массы) — это органо-минеральная часть экскрементов, которая используется в качестве удобрения при выращивании цветов и овощей.

Один откармливаемый бык ежедневно выделяет с калом 3,2 кг сухого вещества, а в качестве кормового средства используется 1,9 кг сухого вещества (0,6 кг фракции С₁ и 1,3 кг фракции С₂) выделяемого с калом.

При откорме 10 000 голов крупного рогатого скота получают около 8 000 т фракции С₁ и 5 000 т фракции С₂. Содержание питательных веществ в каждой фракции дано в таблице 74.

Таблица 74. Содержание питательных веществ (%) в переработанных экскрементах крупного рогатого скота

Питательные вещества	Фракция		
	С ₁	С ₂	С ₃
Сухое вещество	40	90	40
Протеин	8	30	6
Клетчатка	27	4	—
БЭВ	56	50	—
Сырой жир	2	6	—
Зола	7	10	65

Фракция С₁ отличается высоким уровнем клетчатки, однако переваримость содержащихся в ней питательных веществ относительно высока, практически не хуже соответствующих показателей кукурузного силоса (табл. 75).

Таблица 75. Переваримость питательных веществ (%) фракции С₁ по сравнению с кукурузным силосом

Питательные вещества	Переваримость	
	фракция С ₁	кукурузный силос
Протеин	55	61
Клетчатка	65	67
Сырой жир	91	84
БЭВ	67	72,5
Органическое вещество	66	68,5
Переваримая энергия, МДж/кг	11,513	12,351
Обменная энергия, МДж/кг	9,211	10,467

Фракция С₂ представляет собой белковый корм с высоким содержанием протеина и низким уровнем клетчатки (менее 4%). Биологическая ценность белка этой фракции, судя по аминокислотному составу, достаточно высока. По сравнению с протеином соевого шрота и кукурузы фракция С₂ содержит больше аланина и серусодержащих аминокислот. По остальным аминокислотам значительных различий практически не наблюдается.

Экскременты свиней. Взрослая свинья на каждые 100 кг живой массы выделяет с экскрементами 600—800 г сухого вещества в сутки, что составляет 25—30 % энергии, принятой с кормом [8].

Свиной навоз перед скармливанием обязательно разделяют на жидкую и твердую фракцию с помощью различного типа сит, центрифуг или прессов. При использовании центрифуги твердая фракция содержит 50 % сухого вещества, а жидкая — 2—4 % [11]. После этого твердую фракцию обычно сушат. Скармливание разрешается лишь при полном обеззараживании экскрементов.

Содержание питательных веществ в экскрементах зависит от возраста животных, типа кормления и других факторов (табл. 76).

Таблица 76. Содержание питательных веществ в различных образцах свиного навоза

Свиной навоз	Протеин	Сырой жир	Клетчатка	БЭВ	Зола
Образец I [10]	20,0	3,5	20,0	46,5	10,0
Образец II [5]	10,9	3,2	26,8	43,0	16,1
Образец III [8]	20,0	5,0	25,0	34,0	16,0

Твердая фракция богата минеральными веществами, в частности микроэлементами. Экскременты свиней рекомендуется включать в рационы откармливаемого скота, так

Таблица 77. Откорм крупного рогатого скота с использованием свиных экскрементов [7]

Показатели	Обыкновенная кормосмесь *	Гранулированная кормосмесь *
Начальная живая масса бычков, кг	254,6	252,8
Число дней откорма	112	112
Ежесуточная дача кормосмеси (сухое вещество), кг	5,27	6,92
Ежесуточная дача сена (сухое вещество), кг	0,87	0,87
Среднесуточный прирост живой массы, т	616	1270

* Состав смеси (%): 53 — зерновые злаковые, 30 — экскременты, 15 — сухой свекловичный жом, 15 — мочевины, 0,5 — витаминный концентрат.

как после сушки по своей питательной ценности они приближаются к луговому селу. При включении их в состав гранул уменьшается неприятный запах и повышается поедаемость корма (табл. 77).

Длина гранул не должна превышать 200 мм, а их твердость 8—20 кПа/см². Скармливание свиных экскрементов в установленных нормах не оказывает неблагоприятного влияния на качество убойной продукции.

Ученые ГДР рекомендуют рецепты гранулированных кормосмесей для откармливаемого скота, которые приведены в таблице 78

Таблица 78. Состав (%) гранулированных кормосмесей для откормочного скота

Компонент	Вариант			
	1	2	3	4
Экскременты свиней	30	45	20	25
Измельченная солома	—	—	20	25
Зерновые (50 % — пшеница, 50 % — ячмень)	53	38,5	43	43
Сухая сахарная свекла	15	15	15	15
Меясса	—	—	—	5
Мочевина	1,5	1,0	1,5	1,5
Витаминный концентрат	0,5	0,5	0,5	0,5
Переваримый протеин, г/кг сухого вещества	110	103	93	100
Содержание ЭКЕ в 1 кг сухого вещества кормосмеси *	575	530	540	510

* 1 ЭКЕ=10,467 КДж (энергетическая кормовая единица для крупного рогатого скота).

Чехословацкие ученые рекомендуют следующий состав гранулированных кормов для откармливаемого молодняка крупного рогатого скота: солома — 30 %, сухие экскременты свиней — 25, зерновые злаковые — 27, сухой свекловичный жом — 10, меясса — 5, мочевины — 1, премикс МКП-3 — 2 % [38].

Такую смесь можно скармливать как основной корм в количестве 4—13 кг в день на голову с добавкой 0,5—1,0 кг сена к силосному или сенажному рациону.

12.2. ОТХОДЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Из отходов растительного происхождения в кормлении крупного рогатого скота используют прежде всего отходы растениеводства (солома, стержни кукурузных початков), промышленного консервирования овощей и фруктов, спиртового и крахмального производства, деревообрабатывающей промышленности и т. д.

Подготовка соломы к скармливанию. Переваримость органического вещества необработанной соломы и ее поедаемость животными — низкие, поэтому скармливают ее в ограниченных количествах. Для дойных коров рекомендуют следующие суточные дозы скармливания соломы в зависимости от степени ее подготовки [31]: необработанная солома — 1—2 кг, длинная резка — до 3 кг, короткая резка — до 4 кг, измельченная солома — до 6 кг, гранулированная солома — до 7 кг.

Помимо физических способов, все большее значение приобретает химическая обработка соломы аммиаком, щелочью, известкованием.

Питательную ценность и поедаемость соломы можно повысить за счет ее увлажнения, запаривания, ферментирования, смешивания с заsilосованными кормами. При промышленных методах ведения сельского хозяйства применяют те способы обработки соломы, которые можно полностью механизировать без снижения экономической эффективности производства.

Хорошие результаты получают при обработке соломы 5%-ным раствором NaOH (70 л раствора на 100 кг соломы с добавкой 1—2% мочевины). Через 3—5 дней солому скармливают дойным коровам или откормочному молодняку крупного рогатого скота. В результате такой обработки переваримость сухого вещества соломы повышается примерно на 20%, а концентрация энергии — на 100%. Перед скармливанием ошелоченную солому рекомендуется смешивать с силосом в соотношении 1 : 5. Дойным коровам или откармливаемому молодняку крупного рогатого скота ее скармливают не более 3—5 кг на голову в день.

Одним из наиболее прогрессивных способов обработки соломы является ее гранулирование [3].

Приведем примерный состав (%) гранулированных кормосмесей на базе соломы [27; 39].

В случае полного распада структуры соломы в период гранулирования ее уровень можно повышать до 70—80%.

Дойные коровы

	Летний период	Зимний период
Солома	35—40	30—35
Сухой углеводистый корм	20	15
Белковый концентрат ТК-ДО	—	20
Люцерновая мука	—	15—20
Зерно злаковых (дёрть)	25—30	5—15
Меласса	5—10	5—10
МКП-3	—	1
Фосфатная соль	3—5	—
<i>Откармливаемый скот</i>		
Солома	40—50	
Люцерновая мука	10	
Сухой свекловичный жом	15	
Зерно злаковых	21	
Мочевина	2	
МКП-3	2	

Дойным коровам такие гранулированные корма задают в качестве дополнительного корма в количестве 3—5 кг в день, откармливаемому скоту — 2—8 кг как дополнительную или даже полнорационную кормосмесь.

Некоторые ученые рекомендуют у коров с годовым удоем до 5000 кг молока удовлетворять до 15% потребности в энергии за счет соломы. При этом под другие культуры освобождаются площади, занятые под кормовыми культурами (табл. 79).

Таблица 79. Экономия площадей под кормовые культуры при введении в рационы коров соломы [45]

Показатели	Традиционное кормление	Дополняющий гранулированный корм	
		негидролизованная солома	гидролизованная солома
Дача соломы на 1 корову в сутки (сухое вещество), кг	1,5	3,0	3,1
Дача соломы на 1 корову в год (сухое вещество), т	0,46	0,98	1,05
Экономия площадей под кормовые культуры, га	0	166	176

Стержни кукурузных початков. Кукурузные стержни являются побочным продуктом при выращивании кукурузы на зерно. Они содержат 88,98% сухого вещества, 2,85 —

протеина, 0,60 — сырого жира, 26,80 — клетчатки, 54, 57 — БЭВ и 4,14% золы [33]. Из-за высокого содержания лигнифицированной клетчатки стержни початков раньше почти не использовали в качестве кормового средства. Переваримость клетчатки стержней кукурузных початков составляет 48,5%, причем использование их в рационе откармливаемого скота (на уровне 7 кг на голову в сутки) снижает переваримость органического вещества рациона на 56%.

При скармливании измельченных стержней кукурузных початков, увлажненных водным раствором меляссы, в сочетании с комбикормом в отдельных опытах на откармливаемом скоте были зарегистрированы среднесуточные приросты живой массы на уровне 700—800 г [34].

Древесные отходы. В последние годы большое внимание уделяется изучению эффективности скармливания крупному рогатому скоту древесных отходов. Полученные данные носят противоречивый характер. Переваримость необработанных древесных отходов колеблется от 0 до 20%. При этом переваримость мягкой древесины невысока, тогда как переваримость некоторых видов твердой древесины (например, тополь) достигает 20%. Переваримость различных видов древесины повышают за счет специальной, в основном химической обработки [13; 25; 41].

В отдельных опытах переваримость органического вещества еловых опилок, обработанных по методу Дошковой и Голоты, составила 39,23%, буковых опилок — 29, 06—39,07% [26]. Высокое содержание опилок в рационе (более 4 кг в сутки) вызывало нарушения пищеварения.

Питательная ценность опилок, обработанных сернокислым натрием, приближается, но никогда не превосходит соответствующие показатели для обработанной соломы.

Отходы переработки овощей и фруктов. Качество этих отходов весьма различно и зависит от вида сырья и способа его переработки. Яблочные выжимки имеют примерно 75% питательной ценности сухого свекловичного жома [24]. Некоторые ученые считают, что по энергетической ценности яблочные выжимки равноценны зеленому корму и их можно скармливать свежими, сухими и силосованными [32]. Сухие яблочные выжимки должны быть светлого цвета и содержать не более 12% воды [2]. Их можно скармливать дойным коровам и откармливаемому скоту на уровне 1—2 кг в день. Яблочные выжимки содержат 89% сухого вещества, 4,7 — протеина, 3,7 — жира, 23,1 — клетчатки,

50,5 БЭВ и 4,9% золы. По приведенным ниже данным можно судить о содержании переваримого протеина и крахмальных единиц в некоторых видах выжимок [21].

Выжимки	Перевари- мый про- теин, %	Крахм. ед.
Яблочные	0,0	19,3
Черешневые	5,6	17,5
Виноградные	0,9	22,2

Низкая питательная ценность выжимок обусловлена высоким содержанием в них клетчатки. Так как затраты на сушку 100 кг выжимок составляют 53—55 крон, то вследствие их низкой питательной ценности такая сушка экономически невыгодна.

Свежие яблочные выжимки можно скармливать дойным коровам или крупному рогатому скоту на откорме в течение 24 часов после их получения на уровне 15 кг в день. Через 24 часа в выжимках начинается уксусно-кислое брожение и они портятся [16]. Яблочные выжимки можно силосовать вместе с зелеными кормами.

Для кормовых целей также используют фруктовую барду слив, черешен и абрикосов. В свежем виде ее можно давать дойным коровам и откармливаемому скоту до 20 л в день [16].

Виноградные выжимки. Новая технология переработки винограда позволяет получать выжимки без косточек с относительно низким содержанием клетчатки винного калия, вызывающего нарушения пищеварения. Сухие виноградные выжимки содержат 80, 48% сухого вещества, 14, 24 — протеина, 6,0 — жира, 21, 22 — клетчатки, 5,64 — золы, 42, 38% БЭВ [12]. Были проведены опыты по скармливанию скоту сухих виноградных выжимок в сочетании с птичьим

Состав, %	I	II
Сухой птичий помет	20	20
Сухие виноградные выжимки	20	15
Люцерновая мука	10	5
Сенная резка	13	—
Комбикорм ГЖГ (для откорма молодняка крупного рогатого скота)	15	—
Солома	—	20
Животный жир	—	4
Зерновая дерть	20	27
Мочевина	—	1
МКП	2	2
Мелясса	—	5

пометом. Использовалось два варианта полнорационной гранулированной смеси.

Ежесуточный прирост живой массы у откармливаемых бычков составил более 1 кг за весь период откорма. При затрате на одну голову в сутки 9—10 кг кормосмеси и приростах массы 1200—1300 г накладные расходы в расчете на 1 кг прироста составили 9—10,5 крон.

В некоторых опытах виноградные выжимки в кормосмесях для откармливаемого скота заменяли 32% зерновых [22].

Рацион, составленный из кукурузного силоса, сена, сенажа и кормосмеси с виноградными выжимками, позволял получать ежесуточные приросты живой массы на уровне 911 г, причем повышались переваримость (на 7—10%) и усвояемость протеина такого рациона. Сухие виноградные выжимки при откорме крупного рогатого скота можно рекомендовать использовать как добавку в гранулированную полнорационную смесь (15—20%) или как добавку в специальные комбикорма (20—30%).

12.3. СИНТЕТИЧЕСКИЕ КОРМОВЫЕ СРЕДСТВА

Синтетические азотистые вещества. Азот протеина кормов можно заменять азотом мочевины в том случае, если содержание протеина в сухом веществе рациона составляет менее 13%.

Замену протеина синтетическими источниками азота следует проводить в рационах коров с суточной продуктивностью до 16 кг молока. В случае снижения растворимости азотистых веществ вследствие специальной обработки уровень продуктивности, при котором можно вводить мочевины, можно повышать до 20 кг молока в сутки.

В зависимости от содержания протеина и концентрации энергии в сухом веществе рациона рекомендуются нормы скармливания мочевины коровам, приведенные в таблице 80 [37].

Высокопродуктивным коровам мочевины можно скармливать начиная со второй половины лактации.

Замена протеина синтетическими азотистыми веществами зависит не только от абсолютного количества протеина, но и от степени его ферментации в рубце.

При суточной продуктивности 10 кг молока мочевиной можно заменять до 30% протеина, а при продуктивности 30 кг заменять протеин мочевиной можно лишь в том слу-

Таблица 80. Суточные нормы (г) скармливания мочевины коровам

Содержание протеина в сухом веществе рациона, %	Содержание крахмальных единиц в 1 кг сухого вещества рациона		
	0,50—0,55	0,56—0,60	0,61—0,65
8	140	160	180
9	110	130	150
10	80	100	120
11	50	70	90
12	20	40	60

чае, если нативные белки кормов обработаны химическим или физическим способом так, что их ферментация в преджелудках снижена до 40—50%. Степень ферментации протеина необработанных кормов составляет примерно 65—70%.

Решающее значение для высокопродуктивных коров имеет содержание в рационе энергии. С точки зрения протеосинтеза и ферментативных процессов в преджелудке особое значение имеет содержание легкорастворимых углеводов.

С учетом продуктивности рекомендуется определенное содержание чистого крахмала в крахмальной единице рациона.

Суточная продуктивность коровы	Содержание чистого крахмала в крахмальной единице рациона, %
20	40—55
30	50—55

В случае использования сахаристых кормов рекомендуется в пересчете на 1 кг живой массы скармливать 2,5—3 г чистого сахара. Однако доля чистого сахара от всего крахмала не должна превышать 40% при суточной продуктивности 20 кг молока и 25% — при продуктивности 30 кг.

При более низкой продуктивности достаточно вводить 20% легкорастворимых углеводов.

Откармливаемому скоту со среднесуточным приростом массы примерно 1000 г мочевиной можно заменять 40—50% протеина рациона. Условием эффективного использования азота мочевины в процессе белкового синтеза являет-

ся поддержание определенного соотношения основных питательных веществ в рационе. Добавка мочевины к рациону, дефицитному по протеину, повышает интенсивность роста животных. Однако увеличение приростов неадекватно количеству скармливаемой мочевины.

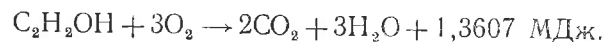
При изучении баланса азота было установлено, что с повышением дозы мочевины пропорционально возрастала и экскреция азота с мочой. Одновременно повышалось содержание мочевины в крови и экскреция мочевины с мочой.

Следует отметить, что с повышением уровня азотистых веществ в рационе без соответствующего повышения энергии рассчитывать на получение какого-либо эффекта не приходится.

Соотношение между крахмалом и мочевиной с точки зрения наиболее эффективного использования всех питательных веществ составляет 15—11 : 1, а соотношение между крахмалом и клетчаткой — 2—1, 5 : 1. При соотношении крахмала и мочевины как 18 : 1, хотя и повышается усвояемость азота, но зато значительно снижается переваримость клетчатки и остальных питательных веществ объемистого корма. При скармливании сахаристых кормов в качестве источника энергии рекомендуют соотношение между сахаром и клетчаткой 1,7 : 1, а между сахаром и мочевиной 12 : 1. Суточная доза сахара при этом не должна превышать 4 г на 1 кг живой массы животного.

В комбикорма рекомендуют вводить 1—2% синтетических азотистых веществ, в дополняющие гранулированные смеси на базе соломы и сухих объемистых кормов — 1—2, в кукурузный силос — 0,5%.

Этанол. Этанол в организме животных окисляется по следующей схеме:



В процессе окисления освобождается значительное количество энергии. Для микроорганизмов преджелудков этанол является легкоусвояемым источником энергии, что благоприятно влияет на редуцирующий потенциал и сокращает лабильную фазу роста микроорганизмов. При введении в рацион откармливаемого скота различных доз этанола было установлено, что 96%-ный этанол на уровне 20—30 мл на 1 кг сухого вещества корма является легкорастворимым источником энергии в рубце и стимулирует процессы протеосинтеза. Более высокие дозы неблагоприятно

явно сказываются на животных. В настоящее время относительно высокая стоимость этанола не позволяет широко использовать его в практике кормления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anthony W. B.: J. Anim. Sci. 32, 4, 1971, s. 799—802.
2. Becker M.—Nehring K.: Handbuch der Futtermittel (drittes Band.). Hamburg und Berlin, 1967.
3. Bergner H.—Görsch R.: NPN — Verbindungen und NPN—Strohpellets. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag DDR, Berlin, 7, 1974, s. 135.
4. Beseda I.—Hrnčiar J.—Kováč J.—Stassel E.—Gajdošík D.: Využívanie netradičných zdrojov bielkovín a energie vo výžive HZ. II. Sympóziu, Bratislava, 14 a 15. Júna 1976, ÚFHZ SAV Košice, ÚVAÚ Bratislava, 1976, s. 233—243.
5. Blair R.—Knight D. W.: Feedstuffs (Mineap). 45, 12, 1973, s. 31, 35—36.
6. Došková N.—Holota J.: Výskum využitia drevnej hmoty na priame skrmovanie. In: (Dielčia záverečná správa) ŠDVÚ Bratislava, 1969.
7. Flachowsky G.—Hennig A.—Löhnert H. J.—Stubendorff G.: Jahrb. f. Tierern. u. Fütter., 9 1974/75/b.
8. Flachowsky G.—Löhnert J.: Tierzucht, 30, 3, 1976, s. 116—119.
9. Greder C. R.: Poult Dig., 35, 409, 1976, s. 116—117.
10. Hennig A.—Schüler D.—Freitag H. H.—Voigt J.—Gruhn K.—Jeroch H.: Jahrb. für Tierern n. Fütter., 8, 1972/73, s. 226.
11. Hennig A.—Poppe S.: Abprodukte tierischer Herkunft als Futtermittel. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1975.
12. Jambrič J.—Farkaš J.: Konferencia o zužitkovani potravinárskych odpadov, Bratislava 1977. Vydala Slovenská spoločnosť pre racionálnu výživu v Bratislave, 1977, s. 11—21.
13. King N. J.: Wood, 5, 1969, s. 27—28.
14. Kněz V.: Konferencia o zužitkovani potravinárskych odpadov, Bratislava, ÚV SVTS potravinárskeho priemyslu Bratislava, 1977, s. 96—121.
15. Kosář J.—Prokšová M.—Kudrna V.: Využívanie netradičných zdrojov bielkovín a energie vo výžive hospodárskych zvierat. II. Sympóziu Bratislava, 14—15. júna 1976, Tlač ES SVST — 211/77, 1976, s. 33—44.
16. Kozel V.—Hojar J.—Kaliský K.: Využití odpadů ke krmení. SZN Praha, I, vyd., 1963, s. 153.
17. Kozel V.: O nových formách krmení a výživy hospodárskych zvierat s návaznosťou mechanizáci a zariadení, Sborník prací z celostátního sympózia, 20. a 21. júla 1977, ČVTS — SZ, 1977, s. 5.
18. Labuda J.—Genčí L.—Gálík R.—Halík J.—Hercég O.—Kováč M.: Hospodárne využitie krmív a krmných zmesí. Príroda, Bratislava, 1972, s. 270.
19. Lichvár I.—Medvecký D.: Krmivárství, 6, 1970, 6, s. 107.
20. Lizal F.—Šrámek, J.: Živočišná výroba, 21, 9, 1976, s. 701—708.
21. Mamedov R. S.: Životnovodstvo, 12, 1976, s. 47—48.

22. Mikoška F.: 1968. cit. Vrchlažský J.: Veterinářství, XI., 7, 1969, s. 296—298.
23. Morrison F. B.: Feeds and Feeding. Ithaca, New York, 1954.
24. Nehring K.: Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde, Radebeul 1955.
25. Pajtáš M.—Sommer A.: Živočišná výroba, 16, 3, 1971, s. 223—232.
26. Pajtáš M.—Sommer A.—Sykora V.: Arch. Tierernährung, 25, 3, 1975, s. 157—163.
27. Pajtáš M.—Škultétyová N.—Čerešňáková Z.: Výživná hodnota upraveného obsahu zaživacieho traktu zvierat. Výsk. správa, VÚZV Nitra, 1979.
28. Pavlasová M.—Chloupková I.: Využívanie netradičných zdrojov bielkovín a energie vo výžive hospodárskych zvierat.
29. Piatkowski B.—Hoffman L.—Kauffold P.—Schiemann, R.—Steger H.—Voigt J.: Nährstoffverwertung beim Wiederkäuer, VEB Fischer Verlag Jena, 1975, s. 387.
30. Petrikovič P.: Štúdium výživy vysokoúžitkových dojníc vo veľkovýrobných podmienkach v NDR, Dummerstorf (Cestovná správa) VÚZV Nitra, 1976, s. 42.
31. Sokół L.: Wartość pokarmowa wytloków jabieczyńnych i ich przydatność w żywieniu zwierząt. Przegl. hodowl., 43, 13—14, 1975, s. 8—9.
32. Sommer A.—Pajtáš J.: Biologizace a chem. výž. zvířat, 5, 1966, s. 423—428.
33. Sommer A.—Pajtáš M.: Živočišná výroba, 13, (XLI), 6, 1968, s. 409—416.
34. Sommer A.—Pajtáš M.: Agrochémia, 10, 11, 1970, s. 336—337.
35. Sommer A.: —Pelech O.: Poľnohospodárstvo, 17, 7, 1971, s. 584—592.
36. Sommer A.—Pajtáš M.: Výpočet spotreby močoviny pre dojnice — neuvěřejné, 1976.
37. Sommer A.—Čelková L.: Výroba krmných zmesí tvarovaných krmív SVTS — Dom techniky, Košice, 1977.
38. Sommer A.—Čelková L.—Vančířin J.: Výskum nových zdrojov syntetických dusíkatých látok pre hovädzí dobytok (záverečná správa). Nitra, VÚZV, 1978.
39. Schieman R.—Nehring K.—Hoffman L.—Jentsch W.—Chudy A.: In: Energetische Futterbewertung und Energienormen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin, 1971, s. 344.
40. Schneider B. H.: Feeds of the world, their digestibility and composition. Agricultural experiment station West Virginia University, Morgantown, 1947.
41. Steger H. a kol.: (1963) cit. Liehár D.—Medvecký D.: Krmivárství 6, 1970, 6, s. 107.
42. Tulach O. (1969), cit. Piatkowski B. a kol.: In: Nährstoffverwertung beim Wiederkäuer, VEB G. Fischer Verlag Jena, 1975, s. 387.
43. Weisberg a Goldschmith (1969), cit. Knéz V.: Konferencia o využití potravinářských odpadů, Bratislava, ÚV SVTS potravinářského priemyslu Bratislava, 1977, s. 96—121.
44. Zausch M.—Böldt E.: Osobné zdelenie, 1977.

13. НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМА В РАЦИОНАХ ОВЕЦ

Овцы превосходят многих сельскохозяйственных животных по своей способности приспосабливаться к различным условиям кормления. Они хорошо используют различные виды объемистых кормов, пастбища, непригодные для других сельскохозяйственных животных. Поэтому можно предположить, что овцы в большей мере способны использовать и нетрадиционные корма.

Однако при этом необходимо учитывать, что овцы по сравнению со всеми сельскохозяйственными животными наиболее чувствительны к недостатку микроэлементов.

13.1. ХВОЯ

Хвоя богата каротином, витамином С, железом, марганцем [4; 15]. По сравнению с лимонами и апельсинами содержит в 5—6 раз больше аскорбиновой кислоты [17]. В 1 кг сухого вещества хвои находится 10 000 мг витамина С и 100—250 мг каротина.

Хвою можно использовать в свежем виде. Зимой ветви хвойных деревьев кладут в загоны и овцы с удовольствием поедают их.

У ягнят опытных маток, которым скармливали хвою, среднесуточный прирост живой массы был 251 г, тогда как в контрольной группе — лишь 215 г [17]. В другом опыте, когда каждая овцематка ежедневно получала по 0,5 кг сосновой хвои, интенсивность роста ягнят значительно превосходила соответствующие показатели для контрольной группы.

В СССР в широком масштабе используют хвойную муку. Для ее приготовления применяют барабанные сушилки и молотковые дробилки. Правда, из-за относительно высокой себестоимости хвойная мука идет в основном на нужды птицеводства и свиноводства.

Скармливание хвои лимитировано содержанием в ней эфирных масел, которые в большом количестве неблагоприятно влияют на пищеварение животных. Этот недостаток можно устранить специальным методом, разработанным

ным в СССР (патент № 210647). Сущность его состоит в том, что силиконы и ароматические вещества экстрагируют из хвои с помощью органических растворителей, которые затем выпаривают. После сушки хвою размалывают. Уровень каротина в витаминной муке зависит от температуры и влажности как самой муки, так и внешней среды. Воздействие влажного воздуха и света крайне нежелательно. Муку надо хранить во влагонепроницаемых пакетах, умеренно спрессованную.

Из хвои можно готовить пасту (аналогично пасте из зеленых растений). Паста из хвои в два раза богаче каротином, чем исходный материал. Она хорошо переносит длительное хранение, используется главным образом в кормлении телят и ягнят.

13.2. ОТХОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

В кормлении овец в СССР весьма широко используют отходы от переработки подсолнечника, выращиваемого на семена. В состав подсолнечниковых корзинок входит 66% воды, 2,2— протеина, 0,9— жира, 22,9— клетчатки, 6,7— БЭВ и 1,3% золы [9].

В сухом веществе подсолнечниковых корзинок содержится 100—150 мг титана, что в 5—6 раз больше, чем в традиционных кормах для овец. В 1 кг сухого вещества подсолнечниковой лузги содержится 69—70 мг титана, в 1 кг подсолнечникового шрота — 150—200 мг, а в 1 кг сухого вещества листьев и стебля подсолнечника — 70—100 мг [9].

В опытной группе ярок часть объемистого корма в рационе заменяли подсолнечниковыми корзинками в количестве 700 г на голову в сутки. В конце опытного периода (100 дней) было установлено, что средний прирост живой массы в опытной группе был на 22%, а шерстная продуктивность — на 13,9 % выше, чем в контрольной группе.

В другом опыте восьмимесячные ярки породы прекос были разделены на одну контрольную и две опытных группы. Рацион контрольной группы состоял из 0,7 кг сена, 0,2 пшеничной соломы, 2,5 кукурузного силоса и 0,3 кг ячменной дерти. Первая опытная группа получала рацион, в котором 0,2 кг сена заменяли на 0,5 кг подсолнечниковых корзинок. В рационе второй опытной группы 0,2 кг соломы заменяли на 0,35 кг подсолнечниковых корзинок. Настриг шерсти в первой опытной группе был на 15,8—

31,5%, а во второй — на 9,3—16,3% выше, чем в контрольной. Добавка подсолнечниковых корзинок улучшила показатели крепости шерсти на 11,43—12,78% [13].

Зимой овцам целесообразно скармливать комбинированный кукурузно-подсолнечниковый силос, который животные поедают с большой охотой [9]. Этот силос состоит из 60—70% кукурузы и 40—30% подсолнечника. Подсолнечниковые корзинки можно силосовать и со свекловичной гичкой в соотношении 2 : 3.

При переработке семян получают большое количество подсолнечниковой лузги, которая в натуральном виде для кормления животных не пригодна.

В опыте на пяти группах овец сравнивали кормосмесь с различным содержанием подсолнечниковой лузги с кормосмесью, содержащей солому, а также со стандартной кормосмесью. Питательность всех смесей составляла примерно 0,6 овсяной единицы, содержание переваримого протеина — примерно 60 г в 1 кг смеси. Учитывались среднесуточные приросты и шерстная продуктивность. Наивысшие среднесуточные приросты были отмечены в первых трех группах, рационы которых содержали 35—50% подсолнечниковой лузги. В группе IV, где подсолнечниковой лузгой заменяли солому, приросты были на 10% ниже. Выход мытой шерсти оказался наилучшим в первых трех группах. В IV группе этот показатель был на 8,5—9,0% ниже. Показатели тонины и длины шерсти во всех группах были практически одинаковыми.

13.3. ХЛОПКОВЫЕ КОРОБОЧКИ

В СССР имеется практический опыт скармливания каракульским овцам хлопковых коробочек [3], которые в хлопкосеющих областях накапливаются в больших количествах. В натуральном виде животные поедают их плохо. По своему химическому составу (8,6% протеина, 2,0 — сырого жира, 40 — клетчатки и 38% БЭВ) они мало пригодны в качестве кормового средства. В сравнительном опыте на восьми группах овец в комплексной смеси 20, 30, 40 и 50% сена заменяли молотыми хлопковыми коробочками. Включение 20—50% хлопковых коробочек в комплексные кормосмеси не ухудшило использования питательных веществ, а даже наблюдался некоторый положительный эффект. При изучении содержания летучих жирных кислот в рубцовой жидкости оказалось, что с повышением содержания молотых

хлопковых коробочек в кормосмеси уровень этих кислот снижался. Тем не менее в зимний период в рационах каракульских овец целесообразно использовать хлопковые коробочки в виде комплексной гранулированной смеси.

13.4. ПОМИДОРНЫЕ И ВИНОГРАДНЫЕ ВЫЖИМКИ

В СССР проводились опыты по использованию в кормлении овец помидорных и виноградных выжимок, а также зачисток кож при их первичной обработке [8]. Эти нетрадиционные корма сушили и затем мололи. Опыт ставился на четырех группах овец. I группа (контрольная) получала обычную хозяйственную кормосмесь, II — смесь с добавкой помидорных выжимок, III — с добавкой виноградных выжимок, IV — с добавкой зачисток каракульских шкур. Колебания в количестве принятой с кормом обменной энергии и переваримого протеина между отдельными группами составили соответственно 1,19—1,21 корм. ед. и 114—133 г. В потреблении минеральных веществ различий практически не было. II группа (рацион с помидорными выжимками) получала 116,1 мг каротина на голову в сутки, а другие группы — лишь 16,1—21 мг. Опытные кормосмеси поедались животными без остатков, кроме смеси с добавкой зачисток кож. Однако после приучения овцы охотно поедали и эту смесь.

Наилучшие результаты были получены во II группе. Среднесуточный прирост массы составил 116 % по сравнению с контрольной группой. Здесь на каждый килограмм прироста массы было затрачено на 0,67 кг (на 7,2 кг, или на 24% за весь период) меньше кормосмеси, чем в контрольной группе.

13.5. РИСОВАЯ И КУКУРУЗНАЯ СОЛОМА

В опыте на асканийских тонкорунных овцах рисовой соломой заменяли в одной группе 10%, а в другой — 20% грубых кормов, т. е. скармливали по 0,6 кг и 1,2 кг рисовой соломы на одно животное в сутки [7]. Между рационами не было разницы по питательной ценности и содержанию протеина. Животные хорошо поедали рисовую солому в смеси с остальными кормами в количестве 0,5 кг перед окотом и по 1,2 кг в период лактации. При сравнении живой массы животных всех трех групп (включая контрольную) пришли к выводу, что включение рисовой соломы в

рационы овцематок не оказывает неблагоприятного влияния на их живую массу и плодовитость. Однако шерстная продуктивность была наиболее низкой во II группе (с наивысшим уровнем рисовой соломы). Рисовую солому рекомендуют скармливать овцам в сбалансированных рационах в количестве 1,0—1,2 кг на голову в день.

Кормовую ценность рисовой, кукурузной и ячменной соломы сравнивали с люцерновым сеном [12]. Все названные корма находились в гранулированном виде. Для выравнивания количества минеральных веществ до уровня люцерны ко всем видам соломы добавляли CaHPO_4 и Na_2SO_4 . При анализе результатов эксперимента установили, что опытные корма по своей питательной ценности располагаются в следующем порядке: гранулированная люцерна; гранулированная кукурузная солома, обогащенная фосфором и серой, гранулированная рисовая солома, обогащенная фосфором и серой; гранулированная ячменная солома, обогащенная фосфором и серой. Обогащенную кукурузную и рисовую солому можно с успехом использовать в качестве основного компонента рациона взрослых овец [12].

Использование соломы в кормлении овец становится более эффективным после ее химической обработки. Солому рекомендуют замачивать в растворе гашеной извести с последующей баротермической обработкой [16]. Ощелачивание соломы благоприятно влияет на ее поедаемость и переваримость [3]. Избыток щелочи нейтрализуют уксусной кислотой. Скармливание овсяной соломы, обработанной щелочью, положительно влияло на приросты живой массы у ягнят [14].

13.6. ЛИГНИНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Из лигиноцеллюлозных материалов следует отметить отходы бумаги, древесную мелассу и так называемые нулевые волокна.

Бумага содержит много целлюлозы. Уровень ее зависит от степени очистки при производстве. Клетчатка, используемая для лучших сортов бумаги, содержит более 90% целлюлозы, 5% пентозанов и 0,6—3,8% лигнина. Бумагу такого состава благодаря высокому уровню нелигнифицированной целлюлозы можно включать в рационы жвачных вместо обычных грубых кормов. Был проведен опыт на овцах по определению переваримости бумаги (влияние различных уровней канцелярской макулатурной бумаги на

питательную ценность рациона) [11]. Молотую бумагу включали в кормосмесь в количестве 0; 15; 30 и 45%. Ею заменяли адекватное количество сена из суданской травы. Среднесуточная поедаемость сухого вещества рационов с уровнем до 30% бумаги была такой же, как в контрольной группе. Рационы с уровнем 45% бумаги животные поедали в количестве 95% от рациона контрольной группы. Переваримость энергии кормовых рационов, содержащих 15 и 30% бумаги, повышалась. Переваримость сырого протеина повышалась при скармливании рациона с 15% бумаги. При дальнейшем повышении уровня бумаги переваримость понижалась. При 45%-ном содержании бумаги переваримость рациона была такой же, как в контрольной группе, а баланс азота — самым низким.

При производстве картона и сульфитном методе производства целлюлозы возникают жидкие отходы — разбавленные гидролизаты, содержащие относительно много сухого вещества (8—10%) и легкорастворимых сахаров. Этот материал нелегко поддается утилизации. Чаще всего рекомендуют сжигать его после сгущения, так как он плохо поддается обработке на очистных сооружениях.

Сгущенный гидролизат — древесная мялясса — является концентрированным кормом с высоким уровнем легкорастворимых сахаров, в первую очередь пентоз и пентозанов (гемицеллюлозы). Древесная мялясса по питательной ценности равна мяляссе свекольной [10]. Это подтверждают и результаты опыта, проведенного на овцах в университете Миссури [1].

Показатели	Свекольная мялясса	Древесная мялясса
Число ягнят	27	27
Живая масса в начале опыта, кг .	35,4	35,4
Живая масса в конце опыта, кг .	46,9	46,9
Продолжительность опыта, дней .	63	63
Среднесуточный прирост, кг . . .	0,18	0,18
Затрата корма на 1 кг прироста, кг	9,0	9,0
Убойная масса, кг	9,4	9,2
Убойный выход, %	52,88	52,83

Физиологический опыт по скармливанию ксилоцеля — сгущенного гидролизата, отхода сульфитного производства целлюлозы, с добавкой мочевины был выполнен на двух овцах еще в 1969 году. Овцы имели свободный доступ к сене, однако более охотно поедали смесь соломенной резки с обработанной целлюлозой, ксилоцелом и добавками мочевины и минеральных веществ. Овцы ежедневно поедали по

100 г ксилоцеля. При клиническом обследовании животных отклонений от нормы установлено не было. Даже когда на такой полусинтетический рацион были переведены овцы, получавшие до этого концентратные рационы, за три недели опыта их живая масса не уменьшилась.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anonym: The farm quarterly 21, 6, 1966, s. 7—8.
2. Anonym: Feed Ind. 47, 2, 1971, s. 14—15.
3. Carmona J. F.: I. N. I. A. Ser. Prod. Anim. 3, 1972, s. 73—78.
4. Goliarkin F.: Sel. Choz. Rossii 2, 1973, s. 16—17.
5. Ibadov N. A. a kol.: Ovcevodstvo 12, 1975, s. 15—16.
6. Jefremov A. N.: Ovcevodstvo 11, 1975, s. 30—31.
7. Kaida F. P.—Ryžich V. Ja.: Ovcevodstvo, 15, 1969, s. 12—13.
8. Keldybajev U.—Bobrickij Ju.—Bobrickaja N.: Karakulskij sovchoz «Komunizm» bucharskej oblasti Uzbeckej SSR, Ovcevodstvo 8, 1975, s. 28—29.
9. Koršakov P. N.—Žukov V.: Ovcevodstvo, 15, 7, 1969, s. 14.
10. Morrison S. H.: Feedstuffs 43, 1971, s. 51, 33.
11. Nishimuta J. F.—Sherrod L. B.—Furr R. D.: J. anim. Sci., 29, 4, 1969, s. 642—646.
12. Oh J. H.—Weir W. C.—Longhurst W. M.: J. anim. Sci., 32, 2, 1971, s. 343—347.
13. Saltykova T. M.: Ovcevodstvo 12, 1976, s. 32.
14. Saxena S. K.—Otterby D. E.—Donker J. D.: anim. Sci., 33, 2, 1971, s. 485—490.
15. Sergazin S.: Pticevodstvo 18, 1, 1968, s. 21.
16. Šavrin A. R.: Sel. Choz. Rossii 9, 1972, s. 35—36.
17. Valdmán A. R.: Izd. A. N. Latvijas SSR, 1957, s. 205—206.

14. НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМА В РАЦИОНАХ СВИНЕЙ

14.1. БЕЛКОВЫЙ КОНЦЕНТРАТ ИЗ ЗЕЛЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Зеленые корма можно использовать в кормлении животных с гораздо большей эффективностью, если разделить их на две фракции: одну с высоким содержанием белка и низким уровнем клетчатки, используемую для моногастрических животных, и другую — с высоким уровнем клетчатки и низким содержанием белка, пригодную лишь для жвачных [37; 38; 39].

Получение белкового концентрата из зеленых растений сводится в основном к растиранию свежей зеленой массы и сепарированию сока под давлением [16].

Белок сока обычно коагулирует при нагревании до температуры 60°C и может быть выделен центрифугированием, осаждением или декантацией. Белковый коагулят обезживают на центрифугах, сушат или сгущают до пастообразного состояния в вакуумных испарителях. Промежуточный или конечный продукт используют в свежем виде или складируют, приняв определенные меры, предупреждающие его порчу (консерванты, замораживание и т. д.).

По технологии Verex, разработанной в Венгрии, сок после отделения коагулята (Verex I) используют для дрожжевания [40]. После ферментации и выделения твердой части (Verex II) жидкую фазу можно сгущать или сушить (Verex III). Полученные продукты используют в смеси с традиционными кормами. Часть, остающуюся после выдвливания сока из растений (Verex IV), сушат или сбраживают, а затем скармливают жвачным.

Химический состав белковых концентратов Verex приведен в таблице 81 [40]. Процент выхода и состав белковых концентратов, получаемых из некоторых видов растений, дан в таблице 82 [18]. Химический состав и содержание аминокислот в белковых концентратах может значительно колебаться. Разница в составе аминокислот (табл. 83) зависит не только от вида и качества сырья, но и примененной технологии, степени экстракции белков, а также количества азотистых веществ, растворенных в соке, которые при отпаривании воды остаются в белковом концентрате или вновь образуются вследствие процессов ферментации.

Таблица 81. Химический состав концентратов Verex

Концентрат	Вещество, %					β-каротин, мг/кг	Ксантофил, мг/кг
	сухое вещество	протеин	зола	клетчатка	БЭВ		
Verex I	92	44	12	5	27	400—600	1000—1500
Verex II	92	60	8	0	22	0	0
Verex III	92	46	8	2,5	34	0	0
Verex IV *	88	12—15	8—9	30—35	—	40—70	60—100
Verex IV **	88	8—10	6—8	35—40	—	40—70	60—100

* Из растений с высоким содержанием белка (например, люцерны).

** Из растений с низким содержанием белка.

Таблица 82. Выход и химический состав (%) белковых концентратов из некоторых растений

Растение	Выход экстрагируемых веществ, % от сухого вещества раствора	Сырой протеин	Сырой жир	Клетчатка	БЭВ	Зола
Люцерна	52	60	5,5	1,2	23	10,0
Рожь	44	48	9,6	0,7	35	7,1
Ботва сахарной свеклы	51	35	9,9	—	34	21,2
Рис	14	17	4,0	0,3	72	6,7
Вика	58	69	11,0	—	17	2,7
Кормовой кель	40	45	10,0	1,5	31	11,6
Смешанный травостой	38	26	10,0	2,6	28	32,9

В США разработана технология производства белкового концентрата PRO — XAN (протеин/ксантофил) из люцерны [2].

Биологическая ценность протеина в белковых концентратах из растений весьма различна [28]. В опытах на цыплятах, индюшатах и поросятах было установлено, что белковые концентраты из трав успешно заменяли в кормовых смесях казеин или рыбную муку.

Белковый концентрат из люцерны при откорме поросят успешно заменял соевую муку (незначительное отставание в приростах живой массы наблюдалось у поросят массой до 25 кг) [21]. В длительном кормленческом опыте подтверди-

Т а б л и ц а 83. Содержание аминокислот (% от протеина) в некоторых кормах

Аминокислоты	Мука из крыля	Кровяная мука	Тритикале 204	Тритикале	Велес	Кормовой кель	Водоросли				Дрожжи		Помет			Перо кур	
							<i>Spirulina maxima</i>	<i>Chlorella</i>	зеленые	красные	пекило	пудин	Г	цыплята	бройлеры		куры
Лизин	7,7	6,7	8,4	3,3	2,9	6,2	4,6	6,8	6,4	6,2	6,4	6,5	7,4	3,2	5,0	4,4	1,7
Гистидин	2,3	2,0	5,5	2,3	2,8	1,9	1,8	1,4	1,7	4,3	—	2,0	2,1	1,4	1,6	1,9	0,6
Аргинин	6,5	5,7	4,4	5,6	5,0	5,8	6,5	4,0	6,2	5,4	—	4,8	5,1	3,2	4,3	2,8	0,3
Триптофан	1,5	—	1,2	—	0,8	2,0	1,4	1,4	1,8	—	1,2	0,9	1,4	—	—	—	0,6
Метионин	2,6	2,5	1,2	—	1,5	—	1,4	1,5	1,5	2,1	1,5	2,5	1,8	1,6	2,2	1,5	0,5
Цистин	1,1	1,3	1,4	1,1	1,9	2,8	0,4	1,2	0,3	—	1,1	0,8	1,1	2,1	1,9	1,7	0,5
Аспарагин	10,8	10,1	10,1	6,5	6,0	5,8	8,6	5,2	9,7	—	4,6	4,3	4,9	3,0	3,7	3,9	4,3
Треонин	4,5	4,2	4,3	2,9	2,9	3,2	4,6	3,3	4,5	3,2	—	—	—	3,3	4,2	3,8	—
Серин	4,2	4,0	5,0	4,7	3,1	4,2	4,2	2,4	4,0	—	—	3,2	—	9,0	12,6	9,8	—
Глутамин	14,2	12,8	7,9	32,0	28,1	4,6	12,6	15,1	13,1	4,3	—	9,5	—	3,9	3,5	3,9	—
Пролин	4,0	4,1	3,6	9,5	9,2	3,0	3,9	7,5	7,6	8,6	—	5,0	—	8,6	15,6	4,5	—
Глицин	4,8	5,3	5,5	4,3	4,0	3,4	4,8	3,5	5,4	3,2	—	3,2	—	3,9	5,6	4,5	—
Аланин	5,6	5,3	8,2	3,9	3,9	4,0	6,8	4,9	7,8	6,5	—	7,0	—	5,3	7,4	4,7	—
Валин	4,8	5,0	8,7	4,8	5,0	3,8	6,5	5,6	6,5	3,2	—	5,1	—	3,4	5,4	3,9	7,7
Изолейцин	4,9	5,0	1,5	3,6	3,8	4,6	6,0	3,9	4,3	—	—	4,3	—	5,1	4,0	2,9	—
Лейцин	7,8	7,4	12,0	7,3	7,2	8,5	8,0	7,0	7,6	—	—	6,9	7,3	7,4	5,3	4,8	7,9
Тирозин	4,1	3,7	2,6	2,8	3,3	3,4	4,0	4,0	5,8	4,3	—	3,4	2,9	3,6	2,3	2,8	3,8
Фенилаланин	4,8	4,9	6,5	4,6	5,0	4,6	5,0	4,9	4,9	4,3	3,7	3,7	4,3	2,8	4,7	3,1	4,3

лось, что хорошо приготовленный белковый концентрат полноценно заменяет сою в кукурузно-соевых рационах [6]. Сушку рекомендуют проводить при пониженных температурах (например, 77°C).

В рационах для поросят Верех может в значительной степени заменять соевый шрот [40].

В кормленческом опыте на поросятах при замене соевой муки на белковые концентраты, полученные из люцерны и люцерно-травяных мешанок, также были получены хорошие результаты [15]. Контрольный рацион состоял из дерти зерновых, соевого шрота как основного белкового корма (8%) и рыбной муки (5,5%). Белковые концентраты успешно заменяли 100% соевого шрота или 66 — соевого шрота и 50% рыбной муки без изменения показателей прироста живой массы и использования корма.

Проводились также опыты по скармливанию свиньям несгущенного свежего или консервированного сока зеленых растений. Однако в этом случае нужно точно знать содержание и предвидеть воздействие на животных различных веществ, прежде всего небелковых, растворенных в соке.

14.2. ТРИТИКАЛЕ

Во многих странах Европы и Америки ведутся работы по селекции и выращиванию нового злака — тритикале, а также опыты по скармливанию его животным [35]. Тритикале содержит больше белка, чем рожь или пшеница. При этом белок тритикале значительно богаче лизином, чем белок пшеницы (табл. 84).

Т а б л и ц а 84. Урожайность и содержание белков и лизина в тритикале по сравнению с пшеницей [29]

Культура	Урожайность, т/га	Протеин		Лизин	
		содержание в сухом веществе зерна, %	выход, т/га	содержание в сухом веществе зерна, %	содержание в зерне, %
Тритикале	40,6	16,3	6,1	2,63	0,428
Пшеница	57,0	14,3	7,6	2,14	0,307
Тритикале относительно к пшенице	7,1	114	80	123	139

Химический состав тритикале приведен в таблице 85, а аминокислотный состав в таблице 83.

Таблица 85. Содержание питательных веществ (% от сухого вещества) в различных образцах тритикале [204]

Образец	Сырой протеин	Сырой жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Образец I [34]	16,3	1,6	3,0	2,4	76,7
Образец II (по Андерсону и др.)	17,1	1,7	3,1	2,1	76,0

Содержание лизина изменяется в зависимости от сорта тритикале. В четырех изучаемых сортах содержание лизина в протеине колебалось от 2,88 до 4,34%, причем эти показатели оказались наиболее высокими, чем данные в таблице 84 [12].

В опытах на поросятах с начальной живой массой 43—49 кг было установлено, что энергетическая ценность тритикале равняется соответствующим показателям ячменя и пшеницы [9].

Отложение азота у поросят было таким же, как при скормливании пшеницы и кукурузы. Поедаемость корма была хорошей.

Биологическую ценность белков тритикале определяли в ростовом опыте на крысах [36]. Уровень ЭИП составил для тритикале 1,5, пшеницы—0,84, ржи—1,97, казенна—2,50.

При откорме свиней от 20 до 100 кг на рационе, в котором ячмень был полностью заменен тритикале, получали такие же и даже более высокие приросты массы при одинаковой оплате корма, как и при скормливании рациона с ячменем.

В рацион также входили пареный силосованный картофель и смесь белковых кормов животного и растительного происхождения.

Биологическая ценность четырех сортов тритикале в опытах на поросятах колебалась от 63,5 до 77,6%, а переваримость протеина от 78,9 до 82,5% [12].

Биологическая ценность рациона, содержащего 85% тритикале, значительно увеличивалась при обогащении его лизином и треонином, а также автоклавировании корма в течение 1 ч при температуре 121°C.

14.3. ВОДОРОСЛИ

При условии интенсивного освещения, достаточного содержания минеральных веществ, азота и углекислого газа водоросли дают высокие урожаи. Водоросль *Scenedesmus* продуцирует в летний период 25 г/см³ сухого вещества, что составляет 90 т с одного гектара в год.

Водоросли *Scenedesmus* и *Chlorella* содержат 45—65% белка в сухом веществе. Лимитирующими аминокислотами у *Scenedesmus* являются метионин и валин, у *Chlorella* — метионин и изолейцин.

Показатель ЭИП, определенный в опыте на индюшатах, получавших в рационе смесь водорослей *Scenedesmus* и *Chlorella* (10:1), составил у необработанных водорослей — 1,61, у обработанных — 1,85 [6]. При скормливании одной *Chlorella* показатель ЭИП составил 2,16, а НИП (нетто использование протеина) — 46%.

После обработки переваримость водорослей *Scenedesmus* повышается до 75 и даже 85%, а биологическая ценность до 60—78% [32].

Химический состав этих водорослей представлен в таблице 86. В 1 кг сухого вещества красных водорослей содержится Na—17,0 г, K—15,8, Mg—2,7, Ca—24,4, P—1,4, Cl—9,8 г, Fe—298 мг, Mn—22, Co—330, Cu—3,2, Mo—1,0, Zn—43 мг [22]. Эти водоросли можно с успехом скормливать всем видам сельскохозяйственных животных на уровне нескольких процентов от рациона [3].

Таблица 86. Химический состав и переваримость энергии и протеина красных и зеленых водорослей [22]

Водоросли	Содержание, % от сухого вещества					Переваримость, %			
						крупный рогатый скот		свиньи	
	протеин	жир	клетчатка	БЭВ	зола	энергия	протеин	энергия	протеин
Красные	9,0	3,1	9,4	58	20	55	49	44	7
Зеленые	49,1	5,1	10,2	25	11	—	—	54	68

Сухие водоросли *Scenedesmus obliquus* успешно использовались в рационах поросят [30]. Водорослями заменяли 75

и 100% рыбной муки и сои в рационах откармливаемых свиней с живой массой 40—110 кг. Животные очень хорошо поедают такие рационы, при этом показатели прироста живой массы и качества мяса остаются такими же, как при кормлении традиционными кормами.

Изучалась также возможность замены в рационах отъемышей сухого молока сухими водорослями *Scenedesmus*. Испытывалось как жидкое (в возрасте 14—35 дней), так и сухое (35—56 дней) кормление. При выпойке рациона водорослями заменяли 37% сухого цельного коровьего молока в смеси, содержащей 30% протенна. Приросты живой массы в опытной группе в период кормления жидкой смесью снижались на 36% по сравнению с контрольной группой, в период кормления сухой смесью — на 19%. Затрата корма в опытных группах была на 45 и 24,5% соответственно выше, чем в контрольной. Это обусловило и больший расход белка в расчете на единицу продукции в опытных группах.

Коэффициенты переваримости клетчатки и азотистых веществ в опытных группах были более низкими, чем в контрольной. Особенно велика была эта разница для азотистых веществ (35—40%).

14.4. МИКРООРГАНИЗМЫ

Из всех производимых посредством микробиологического синтеза кормов наиболее распространенным является традиционное производство кормовых дрожжей на базе легко-растворимых углеводов. Производство белка на базе углеводородов, метанола и других источников энергии только начинает развиваться.

Состав кормовых дрожжей, выработанных на различных субстратах, приведен в таблице 87. Дрожжи могут разли-

Таблица 87. Характеристика некоторых видов кормовых дрожжей

Субстрат	Содержание					Перевари- мость про- теина	Биологиче- ская ценность протеина	НИП
	протеин	зола	сырой жир	клетчатка	БЭВ			
БП, <i>n</i> -парафины	64,4	6,6	9,2	4,7	15,1	84	81	75
БП, газовое масло	67,8	8,6	2,5	4,4	16,7	85	75	71
Сульфитный щелок	48,5	11,6	7,3	0,8	31,8	78	67	59

чатся по биологической ценности протеина. Несмотря на высокий уровень лизина, содержание доступного лизина в протеине дрожжей может быть невелико при неправильном выборе технологического процесса (например, повышение температуры при сушке биомассы).

Опыты на поросятах показывают, что кормовая ценность дрожжей из *n*-парафинов такая же, как и дрожжей, выработанных на базе углеводов.

Белковый корм «Pekilo» является продуктом жизнедеятельности плесени *Ascomycetes* и гриба *Fungi imperfecti* на субстрате из сульфитовых щелоков [14]. После сушки конечный продукт кремового цвета не имеет определенного вкуса или запаха, содержит в сухом веществе 57—63% белка, 2—4 — жира, 5—6% золы и богат витаминами группы В.

При откорме поросят массой 20—90 кг при добавке «Pekilo» к ячменному рациону достигали таких же приростов, как на рационе из ячменя и обрат. Переваримость органического вещества составила 81%, протеина — 87%.

«Pruteen» — продукт культивирования бактерии *Methylophilus methylotrophus* на базе метанола и аммиака [4]. «Pruteen» содержит 74% протенна (в том числе 14,7% в форме нуклеиновых кислот), 2,6-сырого жира, 6,4 — клетчатки, 11,2 — золы, 8,2 — БЭВ, 0,04 — кальция и 2,6% фосфора. Этот корм в рационах поросят живой массой 20—60 кг с успехом заменяет рыбную муку.

14.5. МУКА ИЗ КРИЛЯ

Мука из криля вырабатывается в основном из рачка *Euphasia superba*. В роде *Euphasia* насчитывается несколько десятков видов. Вид *E. superba* хорошо приспособлен к холодным водам антарктических морей. Рачки этого вида достигают 5 см в длину и весят примерно 1,6 г. Продолжительность жизни — 2—3 года, питаются планктоном и сами являются пищей китов. В морях встречаются места, где в одном кубометре воды содержится несколько килограммов криля.

Химический состав биомассы и муки из криля приведен в таблице 88.

Аминокислотный состав муки из криля довольно схож с аминокислотным составом рыбной муки. Хитин содержит примерно 6% азота. Жир муки криля содержит много фосфолипидов (60%) и ненасыщенных жирных кислот (30%).

Таблица 88. Химический состав (%) биомассы и муки из криля

Компоненты	Биомасса	Мука из криля, % от сухого вещества
Вода	74—82	—
Протеин	11—18	58—70
Сырой жир	1—8	8—18
Зола	2—4	12—18
Хитин	2—6	4—7

Из насыщенных жирных кислот преобладают пальмитиновая и миристиновая. В значительных количествах содержатся кислоты с длинными углеводными цепочками (от C_{19} до C_{22}). Мука из криля богата минеральными веществами и витаминами. В сухом веществе ее содержится 1,9—2,4% фосфора, 4,5—5,6 — кальция, 0,7—0,9 — магния и 1,0—1,13% натрия.

Питательная ценность муки из криля может колебаться, но биологическая ценность протеина всегда высока. Различия в питательной ценности зависят от многих факторов, например стадии развития и размеров криля, технологии приготовления муки и т. д.

В опытах на крысах при использовании муки из криля были получены такие же результаты, как и при скармливании высококачественной рыбной муки. Показатель ЭИП составил 2,99—3,27%, а биологическая ценность белка — 79,5—83,7%. Истинная переваримость протеина крилевой муки составила 92,0%, а рыбной — 94,2% [25; 26]. Однако в некоторых опытах было отмечено неблагоприятное влияние муки из целого криля на развитие крыс.

В опытах на поросятах средняя переваримость питательных веществ трех партий муки из криля была следующей: органическое вещество — 72—82%, протеин — 81—89, сырой жир — 81—88% [25, 26]. Отмечены случаи, когда мука из криля неблагоприятно влияла на приросты массы бройлеров и качество продукции. Объяснения этому явлению пока не найдено [31].

14.6. КРОВЯНАЯ МУКА

Кровь содержит около 20% сухого вещества, состоящего в основном из белка. Выход крови при убое составляет примерно 3,5% массы тела животных. При современной

технологии переработки, когда не допускается снижение биологической ценности белка, из крови получают качественный корм.

Сухое вещество кровяной муки содержит 90—95% протеина, 0,5—1,5 — сырого жира и 3,5—5,0% золы. Содержание аминокислот представлено в таблице 85. Белок кровяной муки богат лизином и лейцином, но беден изолейцином. За счет кровяной муки рацион поросят, как правило, обогащают лизином.

При использовании прогрессивных способов сушки крови содержание доступного лизина достигает 80% от общего, что составляет 7% от протеина в целом. В рационах для поросят кровяная мука (свежеприготовленная), смешанная с кукурузой в отношении 40:60, оказывается равноценной соевому шроту по содержанию лизина, серусодержащих аминокислот, триптофана и обменной энергии. Хорошие результаты были зарегистрированы при скармливании поросятам рациона с кровяной мукой, полученной при сушке на барабанных сушилках. Уровень этой муки в рационе составлял 6% для поросят массой 25—55 кг и 3% при массе 55—95 кг.

14.7. МАШИННАЯ КЛЕЙКОВИНА

Для определения питательной ценности машинной клейковины для откармливаемых свиней были приготовлены две кормосмеси: основной рацион (ОР) и белковая добавка (БД). Машинную клейковину помещали в запарник на шесть часов, добиваясь, чтобы склеропроtein стал доступен для пищеварительных ферментов. Количество машинной клейковины (МК), включаемое в рацион, определяли по содержанию белка (табл. 89). В опыте, продолжавшемся

Таблица 89. Состав (%) кормосмесей

Основной рацион (ОР)		Белковая добавка (БД)	
компонент	содержание	компонент	содержание
Ячменная дерть	70	Соевый шрот	50
Пшеничная дерть	20	Рыбная мука	50
Отруби зерновых	9		
Минеральная добавка	1		

22 недели, четыре группы поросят кормили по следующей схеме: I группа — ОР+БД; II группа — ОР; III группа — ОР+ $\frac{1}{3}$ БД+ $\frac{2}{3}$ МК; IV группа — ОР+МК.

Согласно схеме опыта, I группа служила контролем. II группа получала основной рацион в количестве, удовлетворяющем потребность в энергии и протеине. Качество протеина, однако, было пониженным, в частности недоставало лизина. В III группе 66%, а в IV группе 100% полноценной белковой добавки заменяли протеином из подкожной соединительной ткани. Поросята охотно поедали эту кормосмесь. Состояние здоровья животных было хорошим.

Результаты опыта, длившегося 154 дня, приведены в таблице 90.

Таблица 90. Результаты кормленческого опыта на поросятах

Показатели	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса:				
в начале опыта, кг	26,4	26,4	26,4	26,7
в конце опыта, кг	118,3	83,8	120,3	110,5
Среднесуточный прирост, г	597	345	610	544
Затраты корма (г/кг прироста)	4103	6376	4069	4634
Затрата переваримого протеина (г/кг прироста)	460	545	406	434

Высокоценные кормовые белки нельзя полностью заменить гидролизированным кожным коллагеном, так как в нем недостает до нормы потребности незаменимых аминокислот.

Качество убойной продукции всех опытных животных было хорошим.

Толщина шпика была наименьшей во II группе. Самым высоким этот показатель оказался в группах, получавших МК, причем разница по сравнению с контрольной группой была статистически достоверной (табл. 91).

Таблица 91 Средняя толщина шпика (см)

Область замера	Группа			
	I	II	III	IV
2-й грудной позвонок	5,4	4,2	5,8	5,7
11-й грудной позвонок	3,4	2,9	4,1	4,7
5-й крестцовый позвонок	5,0	3,9	4,9	5,5

14.8. ГИДРОЛИЗОВАННЫЕ КОЖЕВЕННЫЕ ХРОМОВЫЕ ОТХОДЫ

Этот побочный продукт использовали в 140-дневном опыте на четырех группах поросят, по 18 голов в каждой [17].

Основной рацион состоял из 70% ячменной дерти, 20 — пшеничной дерти, 7,5 — ржаных отрубей, 1,5 — минеральной смеси и 1% витаминного концентрата.

Хромовую кожевную стружку обрабатывали следующим образом: к 5 т кожевенных отходов добавляли 15 т воды и 0,5 т СаО и выдерживали в течение двух часов при давлении 196 кПа.

Контрольная группа (I) получала основной рацион плюс 100 г рыбной муки в расчете на одну голову. Животные II группы вместо протеина рыбной муки получали коллаген гидролизованной стружки. III группа вместо рыбной муки получала адекватное количество белковой смеси, состоящей из 65% гидролизированных хромовых кожевенных отходов, 10 — кровяной муки, 10 — пивных дрожжей и 5% мицелля от производства антибиотиков. IV группа получала один основной рацион. На основании аналитического определения содержания питательных веществ и аминокислот в рационах, а также периодического взвешивания животных (раз в две недели) получены данные о затрате и использовании питательных веществ и аминокислот (табл. 92).

Таблица 92. Результаты изучения питательности гидролизированных хромовых кожевенных отходов

Показатели	Группа			
	I	II	III	IV
<i>Расход корма на 1 животное в сутки, г</i>				
Корм (86% сухого вещества)	2615	2506	2502	2364
Сырой протеин	337	328	319	259
Лизин	13,1	11,0	12,3	8,7
<i>Затрата корма на 1 кг прироста живой массы</i>				
Корм, кг	4,45	5,02	4,57	6,35
Сырой протеин, г	573	657	583	696
Лизин, г	22,3	22,0	22,5	23,4
Среднесуточный прирост живой массы, г	588	499	547	372

Статистическая обработка показала, что поедаемость корма в IV группе более низкая ($P < 0,01$) по сравнению со

всеми другими группами. Это объясняется несбалансированностью рациона по аминокислотам. В группах I и III поедаемость корма была одинаковой.

Результаты опыта свидетельствуют, что гидролизированный кожный коллаген не способен полностью заменить белковые корма (рыбную муку), так как аминокислоты коллагена не соответствуют нормам потребности, необходимым для синтеза протеина мяса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aylward F.: Food protein sources, Cambridge University Press, 1975, s. 233—244.
2. Bickoff E. M.—Booth A. N.—de Fremery D.—Edwards R. H.—Knuckles B. E.—Miller R. E.—Saunders R. M.—Kohler G. O.: Protein nutritional quality of foods and feeds. 1, 2, 1975, s. 319—340.
3. Black W. A. P.: Plant protein foodstuffs, 1958, s. 805—827.
4. Braude R.—Hoskings Z. D.—Mitchell K. G.—Plonka S.—Sambrook J. E.: Livest. Prod. Sci. 4, 1977, s. 79—89.
5. Cheeke P. R.: Feedstuffs, 49/9, 1977, s. 48.
6. Cheeke P. R.—Kinzell J. H.—de Fremery D.—Kohler G. O.: J. Anim. Sci. 44, 1977, s. 772.
7. Chomyszyn M.: Nowe rolnictwo, 25/8, 1976, s. 16—19.
8. Cornejo S.—Potocnjak J.—Holmes J. G. H.—Robinson D. W.: J. Anim. Sci. 36, (1), 1973, s. 87—89.
9. Duckworth J.—Woodham A. A.: J. Sci. Food Agric. 12, 5, 1961.
10. Duckworth J.—Hepburn W. R.—Woodham A. D.: J. Sci. Food Agric. 12, 16, 1961.
11. Erikson J. P.—Miller E. R.—Bergen W. G.—Elliot F. C.: J. Anim. Sci. 46 (2), 1978, s. 417—424.
12. FAO: "New feed resources" Proceedings of a technical consultation. FAO, Rome, 1977.
13. Forss K.: Symposium on new developments in the provision of amino acids in the diets of pigs and poultry, U. N.—FAO, New York, 1973, s. 240—250.
14. Glapš J.—Korniewicz A.: Roczn. nauk. Zootechniki (2), 1975, s. 221—239.
15. Glapš J.—Korniewicz A.—Przysiecka M.—Ryś, R.: Roczn. nauk. Zootechniki, 201—220.
16. Gruhn K.—Lüdke H.: Arch. Tierernährung 22, 1972, s. 113.
17. Hanczakowski P.: Roczn. nauk rol. Ser. B, V. 97, 2, 1975, s. 85—95.
18. Hanczakowski P.: Roczn. Nauk zoot. 4 (1), 1977, s. 227—235.
19. Miller R. O.—Cheeke P. R.—Kennick W. H.: J. Anim. Sci. 40(5), 1975, s. 885—891.
20. Nehring K.—Beyer M.—Hoffmann B.: Futtermitteltabellenwerk, II. vydanie, VEB, Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1972.
21. Oslage H. J.—Petersen U.: Symposium on new developments in the provision of amino acids in the diets of pigs and poultry, U. N.—FAO, New York, 1973, s. 333—337.
22. P A G Guideline No 15.: Single cell protein, red. P. Davis Appendix III. Academic Press, 1974.
23. Pastuszevska B.—Lassota L.: Nowe Rolnictwo, XXVI, Nr. 8, 1977, s. 26—28.
24. Pastuszevska B.—Lis D.: Próba określenia czynników wpływających na wykorzystanie białka maczki krylowej. XIII. Sesja Żywnienia Zwierząt KNZ. Kraków, 1977.
25. Peter V.—Boda K.—Sabo V.—Gažo M.: K hodnoteniu netradičných krmív. III. sympóziu o využívaní netradičných zdrojov bielkovín a energie vo výžive hospodárskych zvierat. Senec, 1977.
26. Pirie N. W.: Protein nutritional quality of foods and feeds, diel 1., Marcel Dekker, Inc., New York, 1975, s. 341—354.
27. Qualset C. O.—Rupert E. A.—Prato J. D.: International triticales symposium, Lubbock, Texas, 1976, s. 47—72.
28. Schröder J.: UN—FAO. Symposium on new developments in the provision of amino acids in the diets of pigs and poultry, UN—FAO, New York, 1973, s. 251—252.
29. Schulz E.—Petersen U.: Kraftfutter, 61, 1978.
30. Tamia H.: Food protein sources. Cambridge University Press, Cambridge, 1975, s. 35—39.
31. Van der Val P.: Symposium on new developments in the provision of amino acids in the diets of pigs and poultry. UN—FAO, New York, 1973.
32. Wójcik S.—Więński K.—Mróz Z.: Biuletyn informacyjny Przemysłu Paszowego, 14 (3), 1975, s. 5—11.
33. Yang S. P.: International triticales symposium. Icasals Publications No. 76—1. Lubbock, Texas, USA, 1973.
34. Yang S. P.—Castro C.—Harden M.: International triticales symposium. Icasals Publication č. 76—1. Lubbock, Texas, USA, 1976, s. 117—124.
35. Zubrilin A. A.—Zafren C. J.: Belkovo-witaminnyj koncentrat iz zelenykh rastenij. Doklady Wsesojuznoj akademii s.-ch. nauk im. W. I. Lenina, vypusk 3, 1943, s. 43—46.
36. Zubrilin A. A.—Zubrilina Z. I.—Goldberg S. T.: Sovetskaja Zootechnika, 7, 1952.
37. Zubrilin A. A.: Metody powyszenia pitatelnosti kormow. Sielchozgiz., Moskva, 1953, s. 29.
38. Zernicki W.: Biuletyn informacyjny przemyslu paszowego, nr. 1, 49—54, 2, 1978, s. 42—54.

15. НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМА В РАЦИОНАХ ПТИЦЫ

Потребность в питательных веществах для птицы в расчете на 1 кг корма очень схожа с потребностью в питательных веществах человека. При этом корма, составляющие основу рационов птицы, могут быть практически использованы и для питания людей. Потребность в энергии в птицеводстве в настоящее время покрывается за счет зерновых (примерно 60% рациона), жира, муки животного происхождения и различных шротов (в частности, соевого).

До настоящего времени эти корма, имеющие максимальное продуктивное действие, используют в птицеводстве, невзирая на возможность более рационального применения их в народном хозяйстве. Необходимо смелее использовать в птицеводстве такие нетрадиционные корма, которые непригодны для питания человека.

Нетрадиционные корма для птицы можно подразделить на: микробиальный белок; отходы и побочные продукты мясной, кожевенной и рыбной промышленности; отходы производства жиров и масел; сухой птичий помет.

15.1. МИКРОБИАЛЬНЫЙ БЕЛОК

На XVI Всемирном птицеводческом конгрессе в 1978 году было отмечено, что микробиальный белок является наиболее перспективным нетрадиционным кормом для птицы [20]. К микробиальным кормовым белкам относят дрожжи, бактерии, микроплесени и одноклеточные водоросли. Питательную среду для культивирования одноклеточных получают в основном из отходов и побочных продуктов деревообрабатывающей и нефтяной промышленности. Микробиальный белок производят во многих странах Европы и Азии под различными фирменными названиями.

В СССР на базе отходов деревообрабатывающей промышленности и дрожжей *Candida utilis* и *Cryptococcus diffeus* из бисульфитных щелоков производят белковый корм «Ca-bi», а из бисульфитных щелоков и синтетического этанола — корм «Ca-bi+EtOH».

В ФРГ была разработана технология производства протеина из дрожжей *Candida lipolitica*, растущих на *n*-парафи-

не. Затем эта технология была несколько изменена и теперь используются бактерии *Metilomonas Clara*, культивируемые на метаноле.

В таблице 93 приводится питательная ценность некоторых нетрадиционных белковых кормов, вырабатываемых микробиологической промышленностью, а также торулы и наиболее распространенных белковых кормов.

По содержанию питательных веществ и аминокислотному составу нетрадиционные микробиальные корма могут успешно заменять торулу и соевый шрот, а в сочетании с метионином и лизином — рыбную муку.

Очень непостоянным в микробиальных белковых кормах является содержание жира (колеблется от 1 до 10%), клетчатки (0,5—12%) и нуклеиновых кислот (2—20%). Уровень этих веществ значительно влияет на продуктивное действие препаратов, а также их уровень в рационе птицы. Вследствие того, что содержание минеральных веществ, витаминов и других веществ неорганического и органического происхождения в значительной мере зависит от используемого субстрата (питательной среды), вида микроорганизмов и технологии, то желательна каждая партия продукта испытывать на продуктивное действие и ветеринарную безвредность.

Коэффициент переваримости микробиального протеина, как правило, колеблется от 60 до 80% (в среднем 70%), т. е. несколько выше, чем у соевого шрота (65%), но ниже, чем у рыбной муки (82%).

Факторы, обуславливающие продуктивное действие белковых микробиальных кормов. Результаты опытов, когда традиционные корма в рационах птицы заменяли микробиальными белковыми кормами, были весьма неоднозначны.

Было установлено значительное влияние технологии производства микробиальных белковых кормов на прирост живой массы бройлеров [39]. Чем выше содержание белка в микробиальном корме, тем выше коэффициент использования протеина. При использовании корма, высушенного методом распыления, прирост живой массы бройлеров увеличился на 10% по сравнению с вакуумной сушкой. Благоприятно влияют на показатели прироста дробление, а также термоллиз биомассы.

Особенно большое влияние на продуктивность птицы оказывает структура биомассы. Например, при использовании биомассы со структурой 150—500 мкм, прирост живой массы был на 26,5% выше, чем при использовании зерна со

Таблица 93. Питательная ценность (%) некоторых неградиционных белковых кормов

Компонент	Торуга	Соевый шрот [16]	Рыбная мука [16]	Микробиальные белковые корма					
				Ca-bi [5]	Ca-bi Etol [6]	Pruteen [20] 7	Pekilo 8	Viton 9	SYMBA дрожжи [44] 10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сухое вещество	00	88	91	95,1	95,3	90 мин	96,1 (92,6)	94,8	94
Протеин	39,2	41,1	67,0	57,0	60,0	74,0	56 (53,8)	50,8—51,3	48
Жир	0,57	2,6 (1,75)	4,6	7,22	7,92	8,50	0,9 (1,36)	5,6—6,0	3
Обменная энер- гия, МДж/кг	12,0	11,0	12,6	12,1	12,1	13,8	—	—	—
Лизин	3,46	2,75	5,20	3,66	4,09	3,40	3,54	12,5	3,02
Метионин	0,67	0,55	1,95	0,73	0,76	1,33	0,85	3,71—3,94	3,02
Цистин	0,50	0,70	0,78	—	—	0,37	0,43	0,7—0,82	0,48
Триптофан	0,62	0,55	0,65	—	—	0,74	1,05	0,53—0,55	0,62
Треонин	2,42	1,67	2,93	2,80	3,37	2,59	2,32	—	2,59
Изолейцин	2,48	2,36	3,12	2,28	2,66	2,59	2,30	2,41—2,59	2,06
Лейцин	3,38	3,26	4,68	3,21	4,30	3,92	3,63	1,77—2,69	3,60
Валин	2,52	2,24	3,46	2,69	3,07	3,11	2,76	3,83—4,06	2,02
Фенилаланин	1,90	2,10	2,67	2,31	2,59	2,0	3,24	2,94—3,08	2,59
Тирозин	—	—	—	1,89	2,12	1,70	1,95	2,09—2,38	2,30

Продолжение

Компонент	Торуга	Соевый шрот [16]	Рыбная мука [16]	Микробиальные белковые корма					
				Ca-bi [5]	Ca-bi Etol [6]	Pruteen [20] 7	Pekilo 8	Viton 9	SYMBA дрожжи [44] 10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гистидин	1,14	1,03	1,56	1,36	1,55	0,96	1,06	1,59—1,98	0,96
Аргинин	2,48	3,22	4,10	2,69	2,85	2,59	3,42	1,03—1,05	2,21
Клетчатка	0,9	6,1 (7)	0,2	—	—	—	11,4	2,23—2,50	0,48
Ca	1,32	0,27 (0,57)	4,60	—	—	0,06	0,13	6,7—7,8	2,64
P	1,48	0,68 (0,54)	2,60	2,72	1,66	2,30	1,50 (1,26)	0,10	0,34
Na	0,18	0,001	0,45	0,008	0,008	1,50	0,20	2,50—2,76	0,34
K	2,0	1,94	0,85	1,10	1,62	0,18	1,83	—	—
S	—	—	—	1,84	1,08	—	0,49	—	—
Zn	0,068	0,042	0,0056	—	—	—	0,014	—	—
Mg	0,0040	0,0039	0,0031	0,0031	0,0050	—	0,0078	—	—
Cu	0,0034	0,0020	0,004	0,006	0,001	—	0,001	—	—
Fe	0,0309	0,0224	0,0225	0,0300	0,0100	—	—	—	—
Коэффициент перевари- мости	62	65	82	78	71	—	—	—	—

структурой 6—20 мкм. Гранулированные кормовые дрожжи повышали прирост на 6,6%, а гранулированная биомасса, выработанная из бактерий, на 12,5% по сравнению с порошкообразными формами этих же кормов (табл. 94).

Таблица 94. Влияние технологии производства микробиального корма на живую массу бройлеров

Вид биомассы одноклеточных	Технологическая обработка корма	Живая масса (контроль — 100%)
Дрожжи	Без обработки	100
	Дробление	103
	Без обработки	100
	Термолиз	104,1 *
	Вакуумная сушка	100
	Сушка распылением	110*
Бактерии	Биомасса структурой 6—20 мкм	100
	Биомасса структурой 150—500 мкм	125,6 *
	Порошковая форма	100
	Гранулы	106,6
	Без обработки	100
	Термолиз	112,3
	Структура биомассы:	
	5—10 мкм	100
	200—630 мкм	108,9
	630—800 мкм	115 *
	800—1000 мкм	101,8
	Порошковая форма	100
	Гранулы	112,6 *

* Статистически достоверно.

Техника скармливания биомассы также значительно влияет на рост животных и оплату корма. При ограниченном кормлении даже 30% дрожжей в рационе не оказывает неблагоприятного влияния, тогда как при кормлении вволю содержание уже 15% дрожжей в рационе снижало приросты у бройлеров.

Продуктивное действие промышленной биомассы одноклеточных и ее оптимальная дозировка в рационах. Pruteen — дрожжевой белковый корм (Великобритания) изучал-

ся в многочисленных опытах в различных странах Западной Европы и Азии. Результаты опытов на бройлерах показали, что оптимальный уровень этого корма в рационе — 5%. При такой замене рыбной муки и соевого шрота на Pruteen была отмечена тенденция к увеличению приростов живой массы и улучшению использования корма. При уровне 10% приросты живой массы бройлеров снижались, хотя оплата корма оставалась повышенной.

При включении Pruteen в рацион кур наилучших результатов достигали, когда его содержание было 5—7,5% [20].

Опыты с алкановыми дрожжами Viton, проведенные в ФРГ, показали, что включение этого корма в рацион бройлеров в количестве 5—7,5% повышает оплату корма, в количестве до 12% — не ухудшает рост птицы и оплату корма, но 15—17,5% этих дрожжей в рационе оказывало неблагоприятное влияние на продуктивность бройлеров. Несушкам этот корм можно вводить в рационы в количестве до 11,5%. Однако высокий уровень (15—18,7%) снижал массу яиц [44]. Химический состав рационов с включением корма Viton приведен в таблице 95.

При испытании на безвредность яиц и мяса птицы, которую кормили микробиальным белком, следует учитывать несколько факторов. При производстве дрожжей из *n*-парафинов в них возможно аккумулялирование канцерогенных ароматических веществ, микроэлементов, тяжелых металлов, минеральных веществ, нуклеиновых кислот и нежелательных жирных кислот. Оценка пригодности такого корма может быть установлена лишь в результате продолжительных (в течение нескольких поколений птицы) опытов.

Четырехлетний опыт по изучению четырех видов парафиновых дрожжей был проведен министерством сельского хозяйства Японии. Дрожжи испытывали на курах в пяти поколениях. Результаты показали, что парафиновые дрожжи не оказывали неблагоприятного влияния на яйценоскость и качество мяса. Опыт с дрожжами из *n*-парафинов, проведенный на ряде поколений, показал, что яйценоскость кур, получавших эти дрожжи, увеличилась при одновременной повышенной сохранности поголовья, особенно при проявлении болезни Марека. Эти дрожжи играют определенную роль в профилактике энцефаломалации цыплят и проявления дефицита витамина Е. Все это свидетельствует о наличии каких-то неидентифицированных активных факторов в дрожжах из *n*-парафинов.

Таблица 95. Химический состав (%) рационов с включением корма

Компонент	Бройлеры		Несушки	
Viton (алкан-дрожжи)	—	7,5	—	11,25
Кукурузная дерть	55,0	55,78	50	50
Соевое масло	4,0	3,55	2,50	1,00
Кукурузный глютен	12,0	7,50	—	—
Соевый шрот	25	22	24	9,60
Овсяная дерть	—	—	10	14
Люцерновая мука	—	—	3,0	3,0
Дикальцийфосфат	2,0	1,37	1,70	0,68
Кормовой мел	0,86	1,25	7,90	8,57
Сернокислый натрий	0,20	0,20	—	—
Бикарбонат натрия	—	—	0,33	0,33
Йодированная соль	0,20	0,20	0,20	0,20
DL-метионин	0,144	0,16	0,067	0,067
L-лизин	0,246	0,14	—	0,17
Холинхлорид (50%)	0,222	0,222	0,17	—
Витамины и микроэлементы	0,128	0,128	0,13	1,003
Протеин	23,1 ± 0,2		16,4 ± 0,8	
Аргинин	1,30	1,32	1,11	0,95
Лизин	1,10	1,30	0,85	0,92
Гистидин	0,57	0,57	0,43	0,39
Фенилаланин	1,28	1,22	0,88	0,86
Тирозин	0,92	0,89	0,61	0,60
Лейцин	2,60	2,44	1,46	1,58
Изолейцин	1,10	1,14	0,78	0,80
Метионин	0,63	0,60	0,36	0,35
Валин	1,17	1,32	0,80	0,81
Цистин	0,46	0,42	0,30	0,28
Треонин	0,79	0,93	0,62	0,72
Сырой жир	7,4 ± 0,5		4,6 ± 0,5	
Сырая клетчатка	3,4 ± 0,4		5,7 ± 0,6	
Живая масса в возрасте 7 недель, кг	2000	2034		
Затрата корма на 1 кг прироста, кг	1,76	1,74		
Яйценоскость за 308 дней, %	—	—	86,4	87,7
Масса 1 яйца, г	—	—	62,9	63,4
Затрата корма на 1 кг яичной массы, кг	—	—	2,32	2,32

Компонент	Бройлеры	Несушки
Витамины и микроэлементы:		
А, ИЕ	17 778	13 333
D ₂ , ИЕ	2 222	1 667
Е, мг	17,8	20,0
B ₁ , мг	—	2,67
B ₂ , мг	14,44	8,0
Кальций пантотенат, мг	18,89	16,0
Никотиновая кислота, мг	48,89	53,33
B ₆ , мг	4,44	5,33
Фолиевая кислота, мг	1,48	1,33
K ₃ , мг	4,44	5,33
B ₁₂ , мкг	26,67	26,67
Fe, мг	45,0	75,0
Mn, мг	90,0	50,0
Zn, мг	60,0	75,0
Cu, мг	6,0	4,0
Co, мг	0,15	—
I, мг	0,15	0,40

В Японии в течение пяти лет проводили изучение качества дрожжевого и бактериального белка из метанола и этанола. Химический состав этих дрожжей был таким же, как и дрожжей из *n*-парафинов. В целом в них было определено несколько повышенное содержание белка (52—56%) и обменной энергии (9,7—1,09 кДж/г).

Микробиальный белок Viton имеет пониженное содержание селена. Этот недостаток устраняется добавкой селена или селеновой соли при производстве комбикормов.

RHM — микробиальный продукт (Великобритания), выработанный на углеводном сырье, содержит 50% протена и 12,47 МДж/кг обменной энергии [8]. Скармливание этого продукта бройлерам на уровне до 10% от рациона не снижало их продуктивности. При более высоких дозах (20—30%) рост замедлялся и ухудшалось использование корма даже при обогащении смеси метионином. Депрессия роста наступала вследствие снижения поедаемости корма из-за повышенного содержания клетчатки в RHM (13,5%).

Были проведены опыты по определению усвояемости аминокислот дрожжей типа *L* в сравнении с соответствующими показателями аминокислот соевого шрота и селечной муки [4]. Селечная рыбная мука характеризуется самым высоким уровнем незаменимых аминокислот. Метио-

нин является лимитирующей аминокислотой как в дрожжах, так и в соевом шроте. Усвояемость незаменимых аминокислот составила в дрожжах 88%, соевом шроте — 93%, в рыбной муке — 97%. Результаты показали, что с точки зрения усвояемости аминокислоты дрожжей несравнимы с рыбной мукой, но они почти равноценны соевому шроту. Содержание незаменимых аминокислот в рыбной муке было 30,7%, в дрожжах — 25,1, соевом шроте — 18,4%.

Водоросли. Первые опыты по скармливанию сухих одноклеточных водорослей (*Chlorella*) были выполнены в 1952 г. [5]. Введение в рацион 10% хлореллы полностью заменяло такое же количество соевого шрота. В ЧССР были проведены кормленческие опыты с сухими водорослями *Scenedesmus quadricauda*, выращенными в Институте микробиологии в Тржебоне. При замене 5% рыбной муки этими водорослями рост цыплят статистически достоверно не снижался, однако значительно ухудшалось использование корма. При замене водорослями 10% соевого шрота достоверной разницы между группами по приросту живой массы не было, однако использование корма ухудшалось, относительная затрата белка на 1 кг прироста живой массы в опытной группе была на 11% выше.

Худшее использование корма при добавлении сухих водорослей можно объяснить их низкой переваримостью — 55% [17]. При скармливании водорослей *Scenedesmus* и *Chlorella* несушкам показатели яйценоскости и сохранности поголовья улучшаются [14; 49]. Это объясняется повышенным содержанием витаминов в водорослях. Сухие водоросли *Scenedesmus quadricauda* способствуют повышению содержания ксантофила в желтках яиц.

Высокий уровень протеина в сухом веществе (62—68%, переваримость — 84%) имеют водоросли *Spirulina platensis* и *Spirulina maxima*. Этот вид водорослей рекомендуют использовать в рационах цыплят и водоплавающей птицы.

15.2. ОТХОДЫ И ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИЩЕВОЙ И КОЖЕВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

При переработке продуктов животноводства в значительном количестве производятся отходы, имеющие большое значение для птицеводства. После соответствующей подготовки и обработки они могут служить источником протеина, незаменимых аминокислот и жира в такой концентрации и

Таблица 96. Содержание протеина и аминокислот (%) в некоторых кормах животного происхождения

	Рыбная мука	Соевый шрот	Переваряемая мука	Мука из птицеводческих отходов	Щелочной протеин	Машинная клейковина	Гидролизатная щетина	Гидролизатный волос крупного рогатого скота	Мясокостная мука	Норма содержания в 1 кг корма для бройлеров, %
Протеин	60 (2,5)	45 (1,9)	88,7 (3,7)	70,3 (2,9)	90 (3,7)	67,7 (2,8)	70,3 (2,9)	85,4 (3,5)	44,7 (1,9)	24
Метионин	1,8 (3,6)	0,65 (1,3)	0,61 (1,2)	1,2 (2,4)	0,75 (1,5)	1,59 (3,2)	0,51 (1,0)	0,41 (0,8)	0,45 (0,9)	0,50
Цистин	0,74 (2,5)	0,67 (1,8)	10,5 (28,0)	2,24 (6,0)	8,01 (21,6)	—	0,70 (1,9)	2,92 (7,9)	—	0,37
Лизин	5,0 (3,8)	2,90 (2,2)	2,28 (1,8)	2,51 (1,9)	3,49 (2,7)	3,38 (2,6)	2,88 (2,2)	3,60 (2,8)	2,07 (1,6)	1,30
Аргинин	3,80 (2,9)	3,20 (2,5)	6,30 (4,8)	3,90 (3,0)	9,02 (6,9)	4,20 (3,2)	5,28 (4,1)	9,76 (7,5)	3,78 (2,9)	1,30
Треонин	2,60 (3,3)	1,803 (2,2)	7,4 (4,7)	2,92 (3,7)	5,65 (7,1)	1,62 (2,0)	2,09 (2,6)	7,22 (9,0)	1,13 (1,4)	0,80
Гистидин	1,40 (3,0)	1,10 (2,4)	0,62 (1,3)	0,71 (1,5)	0,99 (2,2)	0,59 (1,3)	1,21 (2,6)	0,81 (1,8)	0,49 (1,1)	0,46
Лейцин	5,00 (3,1)	3,40 (2,1)	6,75 (4,2)	5,15 (3,2)	7,32 (4,5)	4,13 (2,5)	3,35 (3,3)	9,51 (5,9)	2,34 (1,42)	1,62
Валин	3,40 (3,5)	2,20 (2,3)	6,60 (6,8)	3,83 (3,9)	4,90 (5,1)	2,58 (2,7)	3,55 (3,7)	5,93 (6,1)	1,74 (1,8)	0,97
Фенилаланин	2,70 (3,1)	2,30 (2,6)	3,80 (4,4)	3,16 (3,6)	2,81 (3,2)	1,60 (1,8)	1,98 (2,3)	2,13 (2,4)	0,48 (0,5)	0,83
Тирозин	2,00 (2,8)	0,70 (1,0)	2,10 (3,0)	2,24 (3,2)	3,95 (5,6)	—	2,06 (2,3)	1,85 (2,6)	0,78 (1,1)	0,70
Изолейцин	3,4 (4,4)	2,5 (3,6)	4,25 (5,2)	2,90 (3,5)	3,59 (4,4)	1,87 (2,3)	2,05 (2,5)	4,01 (4,9)	0,99 (1,2)	0,82

Примечание. В скобках под показателем содержания приводится норма содержания данного вещества в расчете на каждый процент соответствующего корма, используемого в составе комбикорма.

форме, которые, как правило, позволяют при малой добавке этих кормов возмещать значительную часть потребности в протеине и энергии.

В таблице 96 приводится содержание протеина и аминокислот в некоторых кормах животного происхождения, используемых в птицеводстве.

Из-за неполноценного аминокислотного состава нетрадиционными кормами животного происхождения можно лишь частично компенсировать дефицит незаменимых аминокислот в рационах птицы. Это значит, что нетрадиционные корма следует использовать в сочетании с традиционными или восполнять имеющийся дефицит синтетическими аминокислотами.

15.2.1. ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПТИЦЫ

Питательная ценность побочных продуктов переработки птицы непостоянна и зависит от технологии производства и вида сырья. Перьевая мука содержит 81,8—92,7% протеина, 2,24—4,15 — жира, 0,1—0,8 — клетчатки, 1,3—2,5 — кальция и 0,5—0,8% фосфора. Переваримость протеина составляет 45—83% [14, 43]. В 1 кг перьевой муки содержится примерно 1,94 мг витамина В₂, 17,3 ниацина, 17,3 пантотеновой кислоты, 15,46 мг холина и 7,1 мкг витамина В₁₂.

Мука из птицебоенских отходов содержит меньше протеина, чем перьевая, но переваримость ее значительно выше (86—88%), она богаче жиром (12—15%), кальцием и фосфором (Са — 6,9—9,8%, Р — 2—4,1%).

Перьевую муку следует включать в комбикорма для цыплят (бройлеров) и утят в количестве 3—5%. Более высокие дозы вызывают депрессию роста. Несушкам перьевую муку можно скармливать в дозе до 8% от рациона без снижения их яйценоскости и массы яиц.

При введении перьевой муки в указанных дозах вместо соевого шрота кормосмесь необходимо обогащать метионином и лизином или богатыми этими аминокислотами кормами.

При скармливании бройлерам в возрасте до 10 недель муки из птицебоенских отходов (32% перьевой муки, 63 — мясоперьевой и 5% кровяной муки) получали приросты живой массы, как и при скармливании рациона, содержащего 4% рыбной и 4% мясокостной муки.

Цыплятам можно скармливать птицебоенскую муку вместо соевого шрота в количестве 10% от рациона [3]. В опытах, проведенных в ЧССР, птицебоенскую муку скармливали в количествах 2%, 4, 7, 14 и 21% от рациона на фоне двух уровней энергии в рационе (2700—2845 ккал ОЕ/кг и 3000—3200 ккал ОЕ/кг) [30]. В опыте использовали кормосмесь с высоким содержанием протеина (26,3—26,8%) и полноценную по всем аминокислотам. В этом случае даже наивысшая доза (21%) птицебоенской муки не оказывала неблагоприятного влияния на приросты массы у цыплят.

Птицебоенской мукой можно заменять 30—50% протеина при условии обеспеченности рациона лимитирующими аминокислотами.

15.2.2. МАШИННАЯ КЛЕЙКОВИНА

В качестве примера использования машинной клейковины в кормлении птицы интересны результаты опыта на откармливаемых утятах [15]. I группа (контрольная) получала рацион, состоящий из стандартного комбикорма (СК). Во II группе 15 частей (из 100) основной кормосмеси (СК) заменяли 30 частями машинной клейковины (МК), в III группе 20 частей СК заменяли 40 частями МК, а в IV—25 частей СК заменяли 50 частями МК. Возраст утят к началу опыта составлял 10 дней. Опыт продолжался семь недель. Результаты опыта приведены в таблице 97. Добавка МК способствовала повышению в убойной продукции со-

Таблица 97. Результаты опыта по скармливанию машинной клейковины утятам

Показатели	Группы			
	I	II	III	IV
Потреблено корма в среднем на 1 голу (80% сухого вещества), г	8611	7820	7410	7353
Прирост живой массы, г	2161	2150	2268	2314
Затрата корма (г/кг прироста)	3985	3637	3223	3178
Затрата протеина (г/кг прироста)	757	778	735	740
Затрата грунто-энергии (МДж/кг прироста)	61,5	58,7	52,5	52,3
Стоимость 1 кг прироста, марок	1,38	1,23	1,12	1,04

держания сухого вещества, жира и протеина; снижению уровня ненасыщенных жирных кислот в утином жире.

Цыплятам машинную клейковину следует скормливать в количестве 3%.

15.2.3. ГИДРОЛИЗОВАННЫЕ ХРОМОВЫЕ КОЖЕВЕННЫЕ ОТХОДЫ

Вернер и Грюн (1970) в кормленческом опыте на бройлерах использовали сухой и жидкий гидролизат хромовой кожи, полученный при обработке ее СаО под давлением 19,2 МПа. Опыт продолжался восемь недель.

I группа (контрольная) получала рацион из стандартного комбикорма. В рационе II группы после добавки гидролизата на 1 кг сухого вещества рациона приходилось 1,4 г Cr, в III — 2,8, в IV — 5,6 г Cr.

Содержание сухого вещества в рационах всех групп было одинаковым (табл. 98).

Таблица 98. Состав рационов (%) и результаты кормленческого опыта на бройлерах

Компонент	Группа			
	I	II	III	IV
Сухое вещество	87,5	87,7	87,6	87,7
Сырой протеин	19,2	21,8	22,4	22,9
Жир	3,2	2,7	2,6	2,6
Клетчатка	3,6	33,1	3,1	3,0
Зола	6,2	6,4	6,6	6,7
<i>Затрата на 1 животное в день, г</i>				
Корм (сухой)	53,4	59,1	57,9	48,2
Сырой протеин	11,7	14,7	14,8	12,6
<i>Затрата на 100 г прироста, г</i>				
Корм (сухой)	193	206	205	224
Сырой протеин	43,4	54,4	55,6	58,1
<i>Прирост за 56 дней, г</i>				
	1506	1510	1506	1205

При добавке кожного гидролизата содержание протеина в корме увеличивалось. Повышенное содержание хромовых солей вело к росту уровня золы.

В течение первых двух недель опыта бройлеры, получавшие с кормом гидролизат, приняли в целом больше сухого вещества корма, чем в контрольной группе. Во второй половине опыта поедаемость корма в IV группе была значительно меньше ($P < 0,001$), чем в I, II и III группах. Более высокая затрата корма в опытных группах объясняется низким энергетическим уровнем добавок. Избыточное количество протеина в рационе при этом используется неэффективно.

15.2.4. ЩЕЛОКОВЫЙ ПРОТЕИН

Щелоковый протеин испытывали в опытах на цыплятах [25]. Добавка в рацион более 2% щелокового протеина вызывала у них депрессию роста.

Японским перепелкам можно во время выращивания и в период яйцекладки скормливать щелоковый протеин на уровне до 3,5% от рациона без каких-либо неблагоприятных последствий [10].

15.2.5. БЕЛОК ИЗ ЩЕТИНЫ СВИНЕЙ

Белок, полученный из щетины свиней, является кератиновым белком, родственным тому, что содержится в перьевой муке. Согласно результатам опытов многих ученых, гидролизованную щетину можно использовать в рационах птицы. В зависимости от технологии обработки уровень протеина в гидролизате составляет 70—80%.

С точки зрения кормления птицы этот корм дефицитен по метионину, лизину, гистидину, фенилаланину и изолейцину. В отдельных опытах на цыплятах использовали кормосмесь, содержащую 15% гидролизованной щетины с добавкой различных аминокислот [41]. Лучше всего интенсивность роста стимулировали добавки изолейцина и метионина. Содержание 2% гидролизата в рационе достоверно повышало приросты живой массы у цыплят, 2—6% — не вызывало депрессию роста. Более высокие добавки гидролизата следует использовать с большой осторожностью. Уровень гидролизата до 6% в рационах несушек отрицательно не сказывается на показателях их продуктивности [16].

15.2.6. БЕЛОК ИЗ ШЕРСТИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Подобно щетине свиней, источником белка может служить и шерсть крупного рогатого скота [22]. После обработки в автоклаве в течение 30 мин при 148°C энергетическая ценность продукта повышается до 9,42 МДж/кг.

Этот белковый корм беден метионином, лизином, триптофаном, но богат аргинином. В нем относительно мало жира (1,4%), но много золы (6,3%), в том числе кальция (2,5%).

Белок из говяжьей шерсти можно использовать в качестве замены соевого шрота на уровне до 5%. Депрессия роста, наблюдаемая у цыплят при более высоких дозах, объясняется дефицитом незаменимых аминокислот [22].

15.2.7. ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ РЫБНОГО ПРОМЫСЛА

В последние годы широкое распространение получило производство муки из криля. 7% этой муки в стартерном комбикорме и 4% в комбикорме для откорма бройлеров (вместо рыбной муки и сухого молока) не ухудшают показателей продуктивности бройлеров.

Из рыбы можно вырабатывать белковые концентраты, используемые в кормлении птицы. Они представляют собой серо-коричневый порошок с высоким уровнем белка (80%) с лучшим, чем у казеина, ЭИП и низким уровнем жира (0,1%). Вследствие низкого содержания жира этот корм может долго храниться. Он особенно богат лизином, метионином и треонином, а также содержит неидентифицированный фактор роста (стимулятор роста). Добавка рыбного концентрата целесообразна при использовании нетрадиционных кормов, бедных по этим аминокислотам. При включении рыбного концентрата в рацион на уровне 0,5—1,0% значительно улучшается продуктивность птицы.

15.2.8. КАФИЛЕРНАЯ МУКА

Различные образцы кафилерной муки весьма колеблются по химическому составу, содержанию питательных веществ и аминокислот. Эти показатели во многом зависят от вида сырья. Кафилерную муку можно включать в состав комбикормов для различных видов птицы лишь после опре-

деления ее химического состава и содержания аминокислот. Условно можно считать, что животная кафилерная мука содержит 50% протеина. При наличии кафилерной животной муки в кормосмесь следует вводить корма с высоким уровнем незаменимых аминокислот (рыбная мука, соевый шрот). С учетом этого кафилерную муку можно использовать в следующих дозах:

- кормосмесь для бройлеров и индюшат в возрасте до 4 недель — 4%;
- кормосмесь для бройлеров и индюшат во второй половине откорма — 6%;
- кормосмесь для цыплят и племенных курочек — 6%;
- кормосмесь для кур и индеек — 8%.

15.3. КОРМОВЫЕ ЖИРЫ И МАСЛА

Жиры выделяются в особую группу кормов. Большая часть жиров, используемых в кормлении птицы, — побочная продукция или отходы мясной, птицеперерабатывающей промышленности и мыловарения. Кормовые масла возникают при переработке растительных масел. Жиры особенно ценны для откорма птицы, так как богаты энергией. Использование корма в расчете на 1 кг прироста, как правило, бывает тем лучше, чем выше энергетический уровень кормосмеси.

Животный жир. Животный жир, как правило, бывает кафилерным. Это смесь разных видов животных жиров, происходящих из тканей различных животных. Поэтому его состав и качество весьма колеблются. Характеристика некоторых видов животного жира приведена в таблице 99.

Как видно из таблицы 99, для кормления птицы наиболее пригоден птичий жир.

При скармливании разных видов жира наряду с требуемым содержанием энергии необходимо обеспечить и соответствующий уровень линоленовой кислоты. Говяжий жир, содержащий мало линоленовой кислоты, следует скармливать в смеси с другими видами жира, лучше всего с птичьим, или включать в рационы, богатые кукурузой, имеющие повышенный уровень линоленовой кислоты. Включение жира в корма птицы значительно повышает продуктивное действие рациона.

Несушкам кормовой жир следует скармливать в количестве 3%.

Таблица 99. Характеристика некоторых видов кормового животного жира

Показатель	Кормовой жир, в среднем	Говяжий жир	Коровье сало	Птичий жир	Кормовое растительное масло
Переваримый жир, г/кг	930	840	940	960	960
Обменная энергия, МДж/кг	36,92	33,36	37,32	38,13	37,30
Нерастворимые и неомыляемые остатки, %	2	1	2	2	2
Иодное число	55	40	58	65	53
Свободные жирные кислоты, %	15	5	15	15	—
Ненасыщенные жирные кислоты, %	56	44	64	72	58
Линоленовая кислота, %	10	2	12	20	10

Таблица 100. Варианты рациона для бройлеров с включением кормового жира [21]

Компонент	Состав рациона, %			
	на основе пшеницы	на основе кукурузы		
Кукуруза (дёрть)	68,6	10	60,7	10
Пшеница (дёрть)	—	55,2	—	47,0
Соевый шрот	17,1	13,5	25,0	21,0
Мясная мука	5	5	5	5
Рыбная мука	3	3	3	3
Диоксид фосфата	1,5	1,5	1,5	1,5
Углекислый кальций	1	1	1	1
Кормовой жир	3	8	3	8
Травяная мука	—	2	—	2
Йодированная соль	0,4	0,4	0,4	0,4
Витаминно-минеральный премикс *	0,4	0,4	0,4	0,4
Обменная энергия, МДж/кг	13,44	13,82	13,10	13,61
Отношение ОЕ к протеину	0,67	0,63	0,56	0,57
Живая масса в 53 дня, г				
петушки	1981	2006	2010	2003
курочки	1632	1635	1649	1714

* В состав 1 кг витаминно-минерального премикса входят 132 мг сернокислого марганца, 22 сернокислого цинка, 26 ниацина, 9 пантотената кальция, 4 В₆, 0,55 фолиевой кислоты, 0,09 биотина, 1300 холинхлорида, 4400 ИЕ витамина А, 440 ИЕ витамина D₃, 18 ИЕ витамина Е, 125 мг кокцидиостатика ампролиума.

В комбикорма индеек включают жиры в тех же дозах, что и в комбикорма кур. Пример рациона для бройлеров с включением 3—8% кормового жира приводится в таблице 100.

Отходы производства рапсового масла. При обработке рапсового шрота паром и центрифугированием получают продукт «живицу», который содержит гликолипиды, фосфолипиды, триглицериды, свободные жирные кислоты, стероиды и другие вещества.

Канадские ученые изучали возможность добавки «живицы» в количестве 2—6% в рацион бройлеров и несушек [7]. Неблагоприятного воздействия такой добавки на основные показатели продуктивности и здоровья птицы отмечено не было. Отходы переработки рапса можно скормливать птице на уровне до 6% от рациона [7], используя их в качестве замены углеводистых кормов или кормового жира.

15.4. СУХОЙ ПТИЧИЙ ПОМЕТ (СПП)

К сухому птичьему помету, используемому в кормовых целях, предъявляется ряд жестких требований: он не должен содержать вредных химических (например, лекарств) и физических примесей (стекло, проволока), уровень влаги не более 15%, должно быть известно точное содержание в нем клетчатки и других веществ.

При сопоставлении питательной ценности сухого птичьего помета с другими кормами становится очевидным, что его можно с успехом использовать в качестве одного из компонентов комбикорма для птицы (табл. 101).

Птичий помет содержит в 1,8 раза больше цистина, чем соевый шрот, и в 7,5 раза больше, чем кукуруза, которая является основным кормом для птицы, а также во много раз больше минеральных веществ, в частности, кальция и фосфора, чем обычные корма. Соотношение этих минеральных веществ соответствует потребностям в питательных веществах несушек. По содержанию обменной энергии и клетчатки птичий помет находится примерно на уровне люцерновой муки.

СПП в рационе цыплят и кур. В многочисленных опытах было установлено, что показатели роста цыплят, которым скормливали 5 и 10% СПП вместо соевого шрота, были такими же, как и в контрольной группе [28; 29]. При добавке СПП к стандартному комбикорму среднего качества от-

Таблица 101. Питательная ценность некоторых кормов, используемых в птицеводстве

Компонент	СПП	Сухая люцер- на	Куку- руза	Соевый шрот	Овес	Пшенич- ные отру- би
	%					
Сырой протеин	24,3	17,0	8,7	44	12	17
Аргинин	0,48	0,82	0,43	3,21	0,74	0,98
Цистин	1,13	0,33	0,15	0,63	0,20	0,19
Глицин	0,85	0,88	0,32	1,94	0,43	0,43
Лизин	0,50	0,95	0,27	2,93	0,47	0,67
Метионин	0,09	0,30	0,16	0,59	0,16	0,19
Триптофан	—	0,29	0,08	0,61	0,15	0,21
Кальций	7,5	1,4	0,02	0,3	0,1	0,1
Фосфор	2,5	0,3	0,3	0,6	0,4	0,8
Клетчатка	20,0	24,2	2,0	5,9	11,0	6,7
Обменная энергия, МДж/кг	5,86	5,11	13,82	9,40	10,73	8,15

мечали даже увеличение живой массы цыплят по сравнению с контролем. Добавка СПП к рациону была тем эффективнее, чем менее полноценной была кормовая смесь. 18% СПП уже снижали приросты живой массы. В условиях опыта наилучшие показатели были получены при уровне 5% СПП в рационе.

В опыте при использовании 15 и 30% птичьего помета в рационах племенных молодок приросты и оплата корма понижались лишь при уровне 30% СПП в рационе. При этом уровне рост молодок незначительно замедлился, а яйценоскость практически не изменилась. Потребление корма в расчете на 1 молодку возросло на 17%, но затрата корма в расчете на 1 яйцо снизилась на 6,1%. У молодок бройлерного типа при скармливании СПП в количестве 30% последующая яйценоскость повышалась на 7,6% при экономии 14,3% корма в расчете на одну молодку. Затрата корма в расчете на 1 яйцо снизилась на 4,1%.

СПП в рационе несушек и индеек. В опыте на несушках [9], которым скармливали 10, 20 и 40% СПП в рационе, наилучший результат был достигнут при скармливании 22,5% СПП (табл. 102). В другом опыте [26] при скармливании 22,5% помета яйценоскость снижалась и ухудшалось использование корма. Качество яиц не изменялось. Согласно результатам этого опыта, несушкам можно скарм-

Таблица 102. Продуктивность кур в зависимости от уровня СПП в рационе

СПП, %	Яйценоскость в рас- чете на одну кури- цу, %	Затрата корма на 1 яйцо, г	Масса яйца, г
—	58,24	1,95	63,04
10	61,62	1,96	62,17
20	57,34	2,06	61,92
40	55,44	2,35	61,77
40+ жир	53,16	2,29	60,63

ливать СПП в дозе до 22% от рациона. Несушки эффективно используют незаменимые аминокислоты, содержащиеся в СПП.

У индеек в возрасте 9—17 недель при скармливании 5, 10 и 30% СПП достоверного снижения приростов массы установлено не было, но использование корма, особенно при уровне 10% СПП в кормосмеси, заметно ухудшилось [6].

СПП в рационе гусей. В кормленческих опытах на гусятах (возраст — 5—10 недель) изучали возможность замены

Таблица 103. Состав кормосмесей (г/кг смеси) для откорма гусей [16]

Компонент	Стартерная смесь	Кормосмесь	
		А	Б
Кукуруза	375	120	200
Пшеница	255	235	205
Ячмень	—	220	150
Пшеничные отруби	—	200	—
Экскременты бройлеров	—	—	200
Рыбная мука	90	40	40
Соевый шрот	215	140	140
Кормовые дрожжи	20	20	20
Премикс (витамины+биостимуляторы)	15	15	15
Добавка минеральных веществ (5,4% Р)	30	30	30
Содержание ЭКЕ в 1 кг смеси	592	518	492
Обменная энергия, МДж/кг	12,28	10,99	10,53
Протеин	227	187	211
Лизин	13,0	9,6	9,2
Метионин+цистин	8,9	7,2	7,0

отрубей сухим птичьим пометом. Состав опытных кормосмесей представлен в таблице 103.

Между группами, получавшими кормосмесь без СПП и с СПП, не нашли достоверной разницы по затрате корма, протеина и энергии. Обе группы достигли к 70-дневному возрасту 4400 г живой массы. Таким образом, замена отрубей птичьим пометом не снижала показатели роста гусят.

За весь период откорма (5—10 недель) было израсходовано 3,6 кг помета в расчете на 1 голову.

В контрольной группе масса грудной мышцы достигала 200 г, а в опытной — 372 г. По показателям убойного выхода, соотношения тушки, окорока, кожи, брюшного жира и т. д. в опытной группе также были получены благоприятные показатели.

Качество пера в обеих группах было одинаковым. За период откорма в обеих группах отход не превышал 5%.

СПП в рационах уток. В кормленческом опыте утята после достижения ими возраста три недели получали СПП отдельно в гранулах или в составе комбикорма [42]. За весь период откорма (4—10 недель) было скормлено 465 г СПП в расчете на одну утку (7% от всего потребленного корма). Результаты опыта приведены в таблице 104.

Таблица 104. Влияние скармливания СПП на убойные показатели пуховых утят (период откорма — 70 дней)

Показатели	Группа, получавшая помет	Контрольная группа
Живая масса одной утки, кг	2,43	2,44
Расход корма в расчете на 1 утку, кг *	6,41	6,88
Затрата корма на 1 кг прироста, кг *	2,71	2,75
Падеж, %	1,4	0

* Не включая СПП.

На основании многочисленных опытов можно сделать вывод, что использование СПП вместо отрубей в рационах уток вполне возможно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bauer B.: Biologizace a chemizace zživy zvířat. 1. 1965, s. 25.
2. Binkley C. H.—Vasak O. R.: 1950 (cit. Wismanai. 1958).

3. Bhargawa K. K.—O'Neill J. B.: Poult. Sci. 54, 1975, s. 1511.
4. Boushy A. R.—Roodbeen E. A.: Proceedings of XVI. Words' Poult. Congress, Rio de Janeiro, 1978, s. 64—70.
5. Combs G. F.: Poultry Sci. 116, 1952, s. 453.
6. Cough J. R.: Evaluation of Poultry Manure as a Feed Ingredient In: Proceedings XV. Words Poult. Congress, 15, New Orleans, USA, 1974, s. 231.
7. Glandinin D. R.—Robblee A. R.—Darlington K.—Ichidawa S.: XVI. Words' Poultry Congress, Rio de Janeiro, Brasil, Proceedings, 1978, s. 93.
8. Edwards D. G.—Duthie I. F.: 4 European Poultry Conference, Proceedings. London, 1973, s. 397.
9. Flegal C. J.—Sheppard C. C.—Dorin D. A.: Dehydrated Poultry Wastes as a Feedstuffs in Poultry rations. Int. Symposium on Livestock Waste, Columbus, Ohio, 1971, s. 305—307.
10. Gažo M.—Bod'a K.—Peter V.—Baranovská M.: XVI. Words Poultry Congress, Proceedins, Rio de Janeiro, Brasil, 1978, s. 514.
11. Gerry R. W.—Smyth J. R.: Poult. Sci. 33, 1954, s. 1089.
12. Glubenkova kol., 1963 (cit. Z alabákai. 1978).
13. Griffith A.—Schneider R.: Poult. Sci. 50, 1971, s. 1581.
14. Gruhn K.—Voigt C.—Lehnert G.: Monatshefte f. Veterinärmed. 30, 1975, s. 230.
15. Hennig A.—Gruhn K.—Schwabem.: Tierzucht 18, 1964, s. 104.
16. Jeroch H.: Nichtkonventionelle Futtermittel tierischer Herkunft mit Gerüstproteinen. Neuverejnéná práca. 1978.
17. Kočí S.—Kočíová E.: Živoč. Výr. 10, 1965, s. 733.
18. Lautner V.—Nevole J.: Živoč. Výr. 9, 1964, s. 513.
19. Lilie R.—Sizemore J. R.—Denton C. A.: Poult. Sci. 35, 1956, s. 316.
20. Lloyd D. R.—Stringer D. A.: XVI. Words' Poultry Congress, Proceedings and Abstracts I.: Rio de Janeiro, Brasil, 1978, s. 55.
21. March B. E. a kol.: Poult. Sci., 57, s. 1346—1350.
22. Moran E. T.—Summers J. D. Poult. Sci. 47, 1968, s. 940.
23. Mordenti A.—Quaglio G. L.—Tocchini M.: XVI. Words' Poultry Congress, Proceedings, Riode Janeiro, Brasil, 1978, s. 1636.
24. Naber E. C.—Morgan C. L.: Poult. Sci. 35, 1956, s. 888.
25. Nedopil J.—Koucký M.: Živič. Výr. 20, 6, 1975, s. 413.
26. Nesheim M. C.: Evaluation of dehydrated manure as a potential feed ingredient. Cornell. agric. Waste Management Conf., Syracuse N. Y., 1972.
27. Opstvedt J.—Gjeisen T.: Poult. Sci. 54, 1975, s. 2054.
28. Peter V.—Kočíová E.—Kočí S.: Použitie sušeného hydínového trusu v kŕmnych zmesiach pre výkrmové kurčatá. in: Vedecké práce VÚCHSH, 3, 1966, s. 117—131.
29. Peter V.—Kočíová E.—Kočí S.: Pokus o náhradu sójového extrahovaného šrotu u nás vyrobenými kŕmnych zmesiach pre výkrm kurčiat. Vedecké práce VÚCHSH, 3, 1966, s. 171—183.
30. Peter V.—Bod'a K.—Sabó V.: In: Využívanie netradičných zdrojov bielkovín a energie vo výžive hosp. zvierat. II. simpóziom UFHZ—SAV, 1976, s. 251—264.

31. Peter V.—Chrappa V.—Bod'a K.—Sabo V.: V.: Účinnok použitia omelkovej múčky pri výrobe brojlerov. 1978.
32. Peter V.—Chrappa V.: Vplyv rôznych zdrojov náhradných krmív na produkčnú účinnosť krmivných zmesí pre hydinu. Zborník prednášok zo sympózia 4.—5. XII. 1979, Vysoké Tatry, s. 170—176.
33. Potter L. P.—Shelton J. R.—Pierson E. E.: Poult. Sci. 56, 1977, s. 1189.
34. Roomoser G. L.: Proc. Univ. Maryland. Nutr. Conf., 1955, s. 42.
35. Roomoser G. L.: Proc. univ. Maryland. Nutr. Conf., 1956, s. 42.
36. Rous J.: Živoč. Vyr. 10, 1965, s. 347.
37. Sabo V.: Netradičné krmivá vo výžive hydiny. Práca z aspirantského minima, Ústav fyziológie hospodárskych zvierat. SAV, Ivanka pri Kunaji, 1977.
38. Salmon W. P.: Am. J. Clinical Nutr. 6, 1968, s. 487.
39. Sambeth V.—Sitting W.: Proceedings XVI. Words' Poultr. Congress Rio de Janeiro, Brasil 1978, s. 41—50.
40. Stillings B. R.—Hackler J. J.: Food Sci. 30, 1975, s. 1043.
41. Summers J. D.—Lesson S.: Anim. Feed Sci. and Technol., 3, 1978, s. 243.
42. Tüller R.: Dtsch. Geflügelwirtsch., 23, 1971, s. 114.
43. Vavák J.—Fischerová J.: Uplatnění hydrolyzátu peří ve výkrmu drůbeže. Sympóziu o netradičních krmivách, Bratislava, 1975, s. 79.
44. Vogt H.—Krieg R.—Harnisch S.: Arch. Geflügelk. 42, 1978, s. 201.
45. Waldroup P. W.—Landes D. R.—Kealy R. D.—Greene D. E.—Stephenson E. L.: Poult. Sci. 46, 1967, s. 974.
46. Waldroup P. W.: Poult. Sci. 55, 1976, s. 243.
47. Wegner R. M.: Arch. Geflügelk. 34, 1970, s. 135.
48. Wisman E. L.—Holmes C. E.—Engel R. W.: Poult. Sci. 37, 1958, s. 834.
49. Zalačák V.—Kejmar I.—Rosa M.—Štross F.: Netradičné krmivá vo výžive hospodárskych zvierat — neuvěřejnená práca 1978, 1979.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Содержание основных питательных веществ (%) и лимитирующих аминокислот (г/кг сухого корма) в некоторых нетрадиционных кормах*

Вид корма	Сухое вещество	Сарой протеин	Жир	БЭВ	Клетчатка	Зола	Са	Р	Кормовые единицы	Лизин	Метионин + цистин	Трионин
<i>Корма, богатые клетчаткой (заменяющие грубые)</i>												
Коробочки семян хлопчатника	80,1	10,6	2,4	32,2	26,9	8,0	0,25	0,19	0,39	—	—	—
Шелуха семян хлопчатника (в среднем)	89,5—92,0	4,0—5,7	1,8—3,2	29,4—38,0	45,0—47,9	3,2—3,3	0,31	0,17	0,14	—	—	—
Створки коробочек хлопчатника после кислотной обработки	81,0	4,5	1,1	34,5	34,5	6,4	0,68	0,21	0,10	—	—	—
Шелуха хлопчатника после обработки в течение 2—4 часов 0,66%-ной соляной кислотой	88,0	3,4	1,2	29,8	52,8	0,8	0,18	0,11	0,24	—	—	—
Мякина гречихная	83,2	10,5	1,5	39,3	21,1	10,8	1,06	0,20	0,13—0,34	—	—	—
Мякина льняная	80,4	5,8	1,8	28,4	35,5	8,1	1,03	0,29	0,28—0,32	—	—	—
Мякина подсолнечника	88,0	6,6	5,9	33,3	26,5	15,7	—	—	0,65	—	—	—
Корзинки подсолнечника	88,0	8,6	2,5	34,3	31,6	11,04	1,04	0,4	0,14	—	—	—

* Таблицы 1—3 составлены по материалам советских авторов. Составитель Э. Г. Филиппович.

Вид корма	Сухое вещество	Сырой протеин	Жир	ВЭВ	Клетчатка	Зола	Са	P	Кормовые единицы	Лизин	Метионин + цистин	Треонин
Мука из ботвы свеклы	88,0	14,5	1,5	50,5	10,0	11,5	1,28—2,15	0,2—0,35	—	5,4	2,5	4,9
Мука из ботвы баклажан	87,6—92,9	12,4—18,8	1,4	25,7—37,4	31,8—32,7	9,0—9,8	—	—	—	—	—	—
Мука из ботвы картофеля	85,9	14,0	2,6	36,2	19,0	14,1	1,5—2,1	0,25—0,30	0,49	—	—	—
Мука из ботвы брюквы	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Куузику	88,2	10,9	2,9	45,8	14,3	14,3	2,4	0,45	0,91	—	—	—
Мука морковная	87,2—90,2	9,5—10,3	3,0—5,2	43,1—44,4	18,0—19,9	11,2—12,8	2,1	0,11	0,62—0,66	—	—	—
Мука из вегетативных отходо- вых виноградной лозы	90—93,1	14,2—19,6	4,3—4,7	46,1—49,1	20,6—20,8	6,6—6,8	—	0,13	—	—	—	—
Мука из виноградных кос- точек	86,6	10,0	7,0	35,2	29,5	4,9	—	—	—	—	—	—
Шрот семян базилика	91,4	13,3	3,4	41,7	30,2	2,8	—	—	—	—	—	—
Шрот семян аниса	93,5	18,4	17,8	5,8	37,6	13,9	—	—	0,84	—	—	—
Шрот семян тмина	90,0	18,1	22,0	16,7	25,0	8,2	—	—	1,33	—	—	—
Выжимки виноградные	89,0	13,1	1,9	38,5	20,3	14,2	0,22	0,05	—	9,0	6,0	10,1
Выжимки яблочные	100	8,1	4,0	62	16,9	9,0	—	—	—	8,75	2,90	—
Выжимки томатные	94,9	19,8	10,0	23,6	37,8	3,7	—	—	—	7,12	5,06	—
Мука из выжимок: виноградных яблочных томатных	100 100 100	16,0 18,8 23,3	10,7 11,7 9,7	36,6 34,1 35,2	28,2 28,6 23,2	8,5 6,8 8,6	0,22	0,05	—	—	—	—
Шалфейная мука	90,2	9,4	7,3	46,7	16,9	9,9	—	—	0,47	—	—	—

Мука из каньги	90,0	11,1	3,9	33,9	28,7	12,4	0,81—1,36	0,56—1,44	0,44	—	—	—
Мука из сароплея	53,7	3,7	—	8,4	24,8	16,8	11,8	1,2	—	—	—	—
Мука из сароплея	100	6,8	—	15,6	—	31,3	21,9	2,2	—	—	—	—
Ветки древесные сухие:												
береза	79,5	8,9	3,2	38,5	24,2	4,7	0,5	0,08	0,36	—	—	—
(в среднем по СССР)	80,8	6,2	2,9	39,3	29,1	3,3	0,6	0,06	0,36	—	—	—
береза без листьев	83,6	1,9	1,6	42,7	37,2	2,9	0,08	0,01	0,14	—	—	—
осина	83—	6,1	2,6	42,0	28,9	3,6	0,85—0,99	0,08—0,36	0,39	—	—	—
акания	91,6	7,5	2,7	44,7	31,8	4,9	—	—	0,36	—	—	—
бобовник	82,9	7,8	2,8	45,2	23,0	4,1	—	—	0,19	—	—	—
граб	86,9	7,8	2,4	49,5	23,4	3,8	0,56	0,06	0,20	—	—	—
липа	88,3	10,6—15,8	7,6	29,8	33,1	7,2	0,52	0,05	0,22	0,53	2,4	4,4
рябина	77,8	4,8	1,8	37,7	31,4	2,1	0,04	0,11	0,12	—	—	—
тополь серебристый	81,9—83,8	12,7—14,6	3,9	38,5	21,6	5,2	—	—	0,26	4,0	5,4	4,2
Сено веточное:												
ива широколистная	83,4	7,3—15,9	2,9—3,0	40,8—42,2	28,8—17,9	3,6—4,4	0,87	0,12	0,57	5,4	3,5	4,0
тополь	85,2	10,1—13,6	3,8	27,0	37,8	6,5	—	—	0,20	4,7—5,3	1,8—3,5	4,0—5,2
тополь душистый (в среднем по Харьков- ской обл.)	92,6	11,2	6,6	38,2	28,3	10,1	0,95	0,14	0,34	—	—	—
тополь берлинский (Харьковская обл.)	97,7	10,3	7,5	43,2	21,1	10,2	1,53	0,24	0,41	—	—	—
клен остролистый (Харьковская обл.)	92,4	16,4	4,9	43,0	23,3	4,8	0,52	0,24	0,59	—	—	—
белая акация (Харьков- ская обл.)	92,4	22,8	2,9	40,0	21,2	6,6	0,93	0,24	0,70	—	—	—

Вид корма	Сухое веще- ство	Сырой про- цент	Жир	БЭВ	Клет- чатка	Зола	Са	Р	Кор- мные еди- ницы	Лизин	Метио- нин + цистин	Тео- нин
лещина обыкновенная (Харьковская обл.)	92,2	13,1	2,8	52,1	17,7	6,5	1,29	0,17	0,78	—	—	—
хвоя (Харьковская обл.)	90,8	6,4	2,1	46,3	33,2	2,8	0,59	0,07	0,38	—	—	—
ясень	82,4	12,9	3,5	42,7	15,8	7,5	0,30	0,11	0,22	4,8	3,2	4,4
побеги ольхи	86,0	1,2	5,0	68,3	12,2	9,3	0,56	0,05	0,26	—	—	—
побеги березы	86,0	1,8	4,4	52,5	19,0	3,9	0,39	0,07	0,28	—	—	—
побеги осины	81,6	1,4	3,4	47,4	21,8	6,0	0,49	0,10	0,19	—	—	—
карагальник	84,0	11,1	2,1	38,7	27,5	4,6	—	—	0,24	7,5	2,0	7,0
ветки карликовой бере- зы (Алтайский край)	88,2	16,2	4,0	35,0	43,0	2,9	0,51	0,06	0,20	—	—	—
кора ильма молодого	78,8	10,2	4,1	33,0	25,3	6,2	0,30	0,10	0,19	—	—	—
Мука из шишек еловых	94,5	6,0	4,9	36,3	42,2	5,1	—	—	0,21	—	—	—
Хвойная мука (Новосибир- ская обл.)	89,5	5,3	4,5	42,0	33,1	4,9	0,23	0,08	0,35	2,02	—	2,0
Пихтовая мука не экстраги- рованная	93,8	7,4	4,8	45,8	33,3	5,7	1,04	—	0,37	—	—	—
Пихтовая мука не экстраги- рованная	100	8,7	15,1	47,8	24,1	4,30	0,95	0,09	—	—	—	—
Пихтовая мука экстрагиро- ванная	100	9,1	12,8	49,4	23,8	4,9	1,08	0,11	—	—	—	—
Хвоя сосны обработанная	79,8	8,4	7,6	27,1	34,0	2,7	0,46	0,10	0,25	—	—	—
Листья: таляник	56,8	4,4	0,8	34,2	12,9	4,5	—	—	0,41	—	—	—
осина	52,2	3,1	0,9	29,0	14,0	5,2	0,60	0,12	0,32	3,2	2,3	1,5

береза

клен

тополь

Охоты целлюлознобумаж-
ной промышленности:

картон

старые газеты

Свиной безподстилочный на-
воз (опытное хозяйство

«Кленово-Чегодаво»)»

Навоз крупного рогатого

скота (опытное хозяйство

«Щапово»)»

Навоз овец

Помет с подстилкой (су-
хой)

Навоз крупного рогатого

скота с подстилкой

52,0	3,0	0,7	32,2	12,1	4,0	0,42	0,03	0,39	4,7	2,4	1,1
36,7	3,1	0,3	21,9	7,4	4,0	0,46	0,13	0,28	8,2	3,2	3,0
31,5	3,4	0,4	18,4	6,2	3,1	0,48	0,14	0,23	5,3	2,7	4,8
90	—	—	—	78	—	—	—	—	—	—	—
90	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	—
93,8	19,0	1,6	38,0	13,2	19,0	0,76	0,22	0,6	6,9	8,5	4,4
94,8	12,8	2,6	43,0	19,3	16,6	1,0	0,9	0,72	6,1	4,3	4,3
95,0	11,6	3,7	44,0	27	8,7	0,6	0,7	—	6,7	6,2	4,7
81,0	16,0	0,7	13,8	27,3	23,2	1,0	1,04	—	—	—	—
89,2	22,1	—	22,1	—	—	—	—	—	—	—	—
83,8	9,9	1,5	13,7	40,3	18,4	—	—	—	—	—	—

Корма, богатые углеводами (заменяющие зерновые)

Желуди сухие нешелушен.

Желуди шелушенные

Мука из тапюки

Мука тритикале

Кормовой гидролизный са-
хар:

из дресины (в сред-

нем)

из кустарника

из торфа (в среднем)

80,8	5,2	2,5	59,7	11,6	1,8	0,11	0,18	—	—	—	—
87,0	6,80	3,8	65,0	7,9	3,5	0,06	0,14	—	—	—	—
90	1,1	0,5	80	2,3	2,3	0,13	0,15	1,35	0,38	0,17	0,22
91,2	2,6	1,0	86,0	2,7	2,6	0,36	0,40	1,45	0,88	0,42	0,54
88,4	16,6	2,5	65,5	2,1	1,7	—	—	1,15	5,0	5,4	3,9
94,1	20,4	3,7	—	2,5	2,0	—	—	1,2	6,4	6,6	4,8
30,5	0,5	—	25,8	—	4,2	—	—	—	—	—	—
100	5-8	3-7	75-85	до 1	7-8	—	—	1,7	—	—	—
43,3	2,5	1,38	33,8*	3,5*	2,12	—	—	—	—	—	—
35,2	1,44	—	15,1*	—	—	—	—	—	—	—	—
39,8	2,6	—	16,8	—	—	—	—	—	—	—	—

Вид корма	Сухое вещество	Сырой протеин	Жир	БЭВ	Клетчатка	Зола	Са	Р	Кормовые единицы	Лизин	Метионин + цистин	Треонин
из торфа (опытная партия)	44,0	2,5	1,6	32,6*	5,95**	1,77	—	—	—	—	—	—
из соломы	36,5	0,4	1,57	24,6*	2,5**	7,4	—	—	—	—	—	—
из предгидролизата лиственной древесины	42,5	1,8	—	14,3*	—	—	—	—	—	—	—	—
из послеспиртовой гидролизной бражки	32,5	1,3	8,1	19,1*	1,4**	2,6	—	—	—	—	—	—
Углеводная добавка из оборотных вод	33,7	1,3	—	13,4*	—	3,6	—	—	—	—	—	—
Осахаренные ветки (предгидролиз)	39,2	2,5	16	21,3	8,6	4,9	—	—	0,61	—	—	—
Фосфатидный концентрат при очистке подсолнечникового масла	92,9—93,2	1,4—9,9	48,6—61,1	29,6***42,6	—	1,15—1,30	—	—	—	—	—	—
Пищевые отходы (Москва, Московская обл.) по кварталам:												
I	100	19,4	9,6	51,3	7,0	12,7	1,6	0,7	—	9,7	4,8	6,8
II	100	19,6	9,6	51,5	6,6	12,6	1,7	0,7	—	9,3	4,5	7,5
III	100	20,3	11,6	49,5	9,5	18,1	2,6	1,0	—	10,2	5,1	7,8
IV	100	17,6	9,1	47,2	7,2	18,9	2,5	0,9	—	7,6	5,1	7,0
в среднем за год	100	19,2	10,0	47,6	7,6	15,6	2,1	0,84	—	9,2	4,9	7,3

* Углеводы в виде сахаров (редуцирующих веществ)

** Гумины

*** Фосфатиды

Таблица 2. Содержание основных питательных веществ (%) и лимитирующих аминокислот (г/кг сухого корма) в некоторых нетрадиционных кормах, богатых белком

Вид корма	Содержится в корме, %							Аминокислоты, г/кг				
	сухое веще- ство	сырой проте- ин	жир	БЭВ	клет- чатка	зола	Са	Р	белок	лизин	метио- нин— цистин	трео- нин
Одноклеточные водоросли:	89	54,1	7,0	17,2	5,0	5,7	0,74	0,15	283	51,5	9,7	26,9
хлорелла (лиофильной суш- ки)												
термической сушки	91	46,5	11,3	20,9	4,8	8,0	0,65	0,13	250	—	—	—
термической сушки	100	50,9	12,3	22,9	5,9	8,7	0,71	0,14	—	—	—	—
Хлорелла, паста (химический метод консервирования)	27,1	13,6	3,9	5,8	1,4	2,4	0,22	0,04	—	—	—	—
Хлорелла, паста	100	50,3	14,3	21,5	5,2	8,7	0,81	0,16	—	33,3	14,9	22,3
Хлорелла периодического куль- тивирования	100	57,5	14,4	12,8	6,5	8,8	0,76	0,06	—	—	—	—
непрерывного культивирова- ния	100	50,6	21,5	10,0	9,2	8,7	0,78	0,06	—	25,7	15,2	21,0
Сине-зеленые водоросли:												
<i>Spirulina</i>	100	56,2	11,2	19,4	5,2	8,0	—	—	—	26,4	11,8	28,1
<i>Coccolopia</i>	100	51,9	8,3	21,4	9,1	8,3	—	—	—	24,0	15,0	23,4
<i>Synechococcus</i>	100	62,5	10,6	10,4	8,0	8,0	—	—	—	31,3	16,3	34,6
<i>Scenedesmus</i>	93,1	43	4,7	29,4	8,1	7,9	—	—	197	27,7	27,7	13,9
Биомасса инфузорий на навоз- ных стоках	100	53	11,1	20,9	5,8	9,2	2,23	0,07	315— 441	—	—	—
Дрожжи:												
гидролизные (в среднем)	87,5	45,0	0,48	27,9	4,76	9,35	1,01— 0,54	1,55— 2,20	380	29,8	11,7	21,8
сульфитно-спиртовые (в среднем)	88,3	47,2	1,30	32,8	—	7,0	1,0	1,55	401	26,7	7,6	22,4

Вид корма	Содержится в корме, %										Аминокислоты, г/кг		
	сухое вещество	сырой протеин	жир	БЭВ	клетчатка	зола	Са	P	белок	лизин	метионин	цистин	треонин
сульфитно-шелочковые: (Байкальский ЦБК) (Кировский ЦБК)	92,5 94,1— 95,0 100	50,3 50,0 58,2 100	1,5 2,5 4,1 0,65 4,3	33,4 31,0 29,1 21,4 30,2	— 1,6 — — —	7,3 9 8,6 7,6 7,0	1,07 1,1 0,52 0,43 0,59	1,55 1,4 2,22 2,06 2,03	— 420 — — —	28,6 32 26,6— 43,1 26,2— 26,9 28,7 34,0— 38,4 9,6	14,0 6,2 14,3— 16,9 14,6 10,8 10,6— 15,9 3,5	— — 17,6— 28,5 18,3— 19,9 22,8 25,1 4,4	26,5 — — — —
Дрожжи на этаноле (I)													
Дрожжи на этаноле (II)													
Дрожжи на метаноле (I)													
Дрожжи на метаноле (II)													
Дрожжевая масса на метаноле	93,8 95,9— 96,8 91,6	43,3 53,6— 61,0 39,3	7,7 0,16— 0,9 1,6	36,7 21,9— 36,0 21,0	— — — 2,3	6,1 6,4— 6,8 27,4	— — — —	— — — —	— 404— 482 125	— 28,7 34,0— 38,4 9,6	— 26,9 10,8 10,6— 15,9 3,5	— 19,9 22,8 25,1 4,4	— — — —
Обесфторенный последроже- вой остаток (ПДО)													
Дрожжи, обработанные моче- виной	93,2	53,6	9,5	22,0	1,6	6,5	—	—	—	33,8	7,6	23,8	—
Дрожжи на нефтяных дистил- лятах	90,3— 81,6 100	49,4 67,8	2,5 13,2	24,9 16,7	4,1 4,4	8,4 8,6	—	—	442 460	32,6 5,2	1 18,3	— 29,1— 37,9 18,0	— — — —
Дрожжи (нефтяной дистиллят)	100	69,4	0,40	24,0	—	6,2	1,4	1,7	—	31,6	3,8	—	—
Дрожжи белковые (нефтяной дистиллят)	90,9— 100 100	74,2 70,4	0,44 0,59	18,4 23,1	— —	7,0 5,9	0,9 0,66	1,36 1,43	— —	— 29,5	— —	— —	— 7,6

Дрожжи на алканах	100	50,1	12,2	24,1	7,6	5,9	—	—	—	—	—	—	—
Дрожжи на парафинах	91,4— 93,2 91,9	48,0— 64,4 59,8— 46,2	9,2— 23,6 2,25 2,7— 4,0 2,45	15,1 25,65 25,65	4,7 — — —	6,6— 6,7 10,3 7,9— 9,8 9,8	— — 0,52 — 0,65 0,25	— — 2,16 — 1,90 2,5	— — — — — —	390— 400 420 430— 460 380	36,4— 52,4 32,8 28,5— 33,0 32,0	11,5— 13,0 10,6 10,5— 11,5 11,9	24,0— 36,0 25,4 — 23 21,3
Дрожжи БВК (I)													
Дрожжи БВК (II)													
Дрожжи углеводородные (на парафинах)	82,5— 91,5	42—51 58,1— 73,1 70,3	2,8— 5,9 0,9 2,2 0,65	26,5 12,1— 16,1 21,4	— — — —	7,6 5,1— 7,8 7,6	0,25 — 0,43 1,98	2,5 — 2,06 2,21	— — — —	— 450— 516 — —	27,1 34,3— 37,1 — —	11,1 11,6— 21,0 — —	21,3 21,0— 27,0 — —
Дрожжи на этаноле	100	70,6	9,6	13,4	—	6,4	—	—	—	—	—	—	—
Дрожжи на парафинах	89,0— 100 100	70,6 58,7	9,6 7,6	13,4 8,1	— 2,2	6,4 23,4	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Дрожжи на парафинах	91,4— 100 92,5	64,0 64,9	4,2 5,4	18,2 18,9	— —	11,5 11,6	1,2 1,3	2,5 2,7	— —	53,7 —	12,2 —	26,9 —	— —
Дрожжи на парафинах	100	46,0	6,3	22,8	—	24,9	2,75	1,91	—	27,6	6,4	21,0	—
Дрожжи на парафинах	89,0— 94 94—95	33,4— 40 34,2	0,8— 1,0 —	15—18 18 —	— — —	30—35 — —	— — —	— — —	— — —	21,0— 23,6 62,9— 78,7	6,6— 12,2 4,0— 4,1	17,0— 17,3 4,1 6,9	— — — —

Вид корма	Содержится в корме, %							Аминокислоты, г/кг				
	сухое веще- ство	сырой проте- ин	жир	БЭВ	клет- чатка	зола	Са	P	белок	лизин	метио- нин — цистин	трео- нин
Грибы:												
сухой мицелий <i>Aspergillus</i>	91,0	31,8	2,1	22,9	22,3	11,9	1,4	0,19	—	—	—	—
Гриб <i>Penicillium niger notatum</i>												
И _г , выращенный на отходах												
переработки картофеля:												
на нестандартной клубневой	83,4	50,8—	63,0	15,0—	—	5,1	1,03—	0,37—	—	—	—	—
фракции картофеля		57		21,2			5,0	2,1	28,4	8,1	22,0	
на клеточном соке с мезгой	83,9	58,0	6,8	13,1	—	6,0	—	—	23,2	12,8	26,0	
на клеточном соке	86,2	61,8	6,2	13,1	—	5,1	—	—	24,7	15,5	29,7	
Мицелий сухой от производст-	100	36,0	—	—	—	—	2,0—	0,8—	13,3	5,0	1,0	
ва антибиотиков							5,6	2,2				
Грибы одноклеточные:												
<i>Fusarium semitectum</i>	100	65,0	—	—	—	—	—	—	471	39,0	16,2	25,0
<i>Mucor racemosus</i>	100	45,2	—	—	—	—	—	—	340	29,4	12,2	17,6
<i>Risopus oligosporum</i>	100	44,5	—	—	—	—	—	—	342	28,9	12,1	17,5
<i>Risopus orisae</i>	100	59,6	—	—	—	—	—	—	449	36,8	16,0	23,0
<i>Aspergillus</i>	100	23,0—	2—3	—	—	9—14	—	—	—	16,1—	14,3—	9,9—
		51								25,9	22,9	15,6
<i>Mucor</i>	100	53,1—	2—8	23,9	11,0—	9—14	—	—	—	16,8—	14,9—	10,1—
		24,0			21,0					27,6	24,2	16,2
<i>Penicillium</i>	100	39,0—	2—8	—	—	8—12	5,5	2,1	—	27,4—	24,3	16,5
		54,3								32,6	—	—
Мицелиальная мука (отход ли-	88,3	30,9	4,06	22,2	18,8	12,3	5,59	2,14	—	—	—	—
моннокислого производства)												
(1)												

Мицелиальная мука (II)	90,8	35,4	1,70	28,7	16,1	8,9	—	—	273	10,6	3,4	10,0
Мицелий высших грибов	92,9	37,3	4,3	32,5	6,0	12,8	—	—	—	10,5	3,9	3,2
Беспозвоночные:												
жмых куколки шелкопряда	91,3	61,1	12,0	7,6	6,2	4,4	0,28	0,59	421	30,3	25,1	18,3
Мука из сапрофитов (личинки												
синантропной мухи)												
первый сорт	89,9	42,3	23,8	2,8	8,3	13,2	3,1	0,6	360	37,4	27,9	30,6
второй сорт	86,4	34,8	16,8	14,3	10,5	10,0	2,3	0,5	286	36,5	23,8	26,0
нестандартная	86,5	33,3	12,1	15,1	16,1	9,9	1,7	0,5	176	35,8	22,9	14,8
личинки синантропной мухи												
при разн. температуре вы-												
сушивания:												
65°C	89,3	56,0	14,5	1,4	9,7	7,7	—	—	—	—	—	—
105°C	89,4	55,7	15,5	1,6	9,4	7,1	—	—	—	—	—	—
200°C	86,7	51,2	17,2	1,5	10,1	6,7	—	—	—	—	—	—
300°C	89,9	52,5	16,1	1,4	11,4	8,5	—	—	—	—	—	—
личинки мух III стадии роста	93,6	50,0	16,2	7,0	8,6	11,8	2,6	0,6	—	32,0	14,8	17,0
Навоз свиной с личинками си-	94,3	17,3	3,8	31,0	14,0	28,2	0,80	0,22	—	7,1	7,9	3,9
нантропной мухи												
Помет куриный	94,1	35,0	2,1	30,0	9,6	17,4	3,0	1,7	20,0	20,0	12,9	12,3
Сухой куриный помет	92,0	25,3—	1,6—	12,2—	9,9—	2,75—	1,4—	—	—	—	—	—
		49,8	3,0	26,3	15,8	8,0	1,5	—	—	—	—	—
Ил Херсонского ЦБК:												
с полей	100	14,8—	—	—	—	—	—	—	—	2,3—	0,3—	3,7—
с полей, очищенный		19,5								9,1	0,6	9,9
Мука из крыля	100	17,9	—	—	—	—	—	—	—	7,3	0,4	8,7
Кератинсодержащее сырье:	90,0—	56—65	10,0—	—	5,8—	5,9—	2,6—	1,7—	370—	—	—	—
мука из щетины, обрабо-					7,4	12,7	7,1	4,5	470	—	—	—
танной при 148°C	94,0	19,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Мука из щетины, гидролизо-	93,0	71,0	1,8	—	—	20,2	1,5—20	0,25—	—	24,8	29,8	30,0
ванной щелочью	93,4	70,8	1,7	—	—	20,9	—	30,3	—	26,5	14,6	36

Вид корма	Содержится в корме, %							Аминокислоты, г/кг				
	сухое веще- ство	сырой проте- ин	жир	БЭВ	клет- чатка	зола	Ca	P	белок	лизин	метио- нин — цистин	трео- нин
КБК (кормовой белковый кон- центрат) из рогов, гидроли- зованных мочевиной	90,5	76,8	3,2	1,7	—	8,8	1,6	—	—	27,6	99,7	39,5
КБК из рогов, гидролизован- ных сульфитом натрия	89,3	74,8	3,9	1,35	—	11,0	1,6— 1,9	—	—	25,8	91,7	36,1
Рогокопытная мука	91,0	74,2	3,7	1,9	—	9,5	1,6— 1,9	—	—	23,0	90,6	33,1
КБК из пера: гидролизованного мочеви- ной	90,0	75,1	3,5	1,7	—	9,6	1,6— 1,9	—	—	10,7	69,3	25,2
гидролизованного сульфа- том натрия	89,3	71,7	4,3	2,4	—	10,9	1,6— 1,4	—	—	8,0	66,4	22,8
Мука из гидролизованного пера	89,7	73,2	4,0	2,1	—	10,4	1,6— 1,4	—	—	4,6	64,9	21,6
КБК из подкрылка птицы, гид- ролизованного мочевиной	94— 100	78,0— 82,0	2,4— 3,0	2,0— 2,1	—	13,5	0,7— 0,8	1,0— 1,2	—	—	—	—
Мука из гидролизованного пера	93,7	85,3	4,4	—	—	4,0	0,05	0,07	—	15,3— 19,4	38	37,4— 38,0
Комплексамин (гидролизат из кератинового сырья — рога, копыта, щетина, волос, перо, обрезки кож)	95 100	73 83	— —	— —	—	12 23	1,5 2,0	0,25 0,30	—	25 30	60 70	45 55
Перьевая мука из свежего пера бройлеров	100	82—90	2,0— 4,0	—	—	2,5— 5,0	0,7— 1,0	—	—	27,8	99,0	23,4

Мясоперевая мука из пера и внутренностей птицы с до- бавлением трупов павшей птицы	100	63—72	16,0— 19	—	—	6,3— 11,0	—	—	—	26,1	81,5	21,2
Технический альбумин	93,3	84,9	0,1	1,2	—	6,1	—	—	781	77,0	24,5	52,7
Мука из отходов кожи	85,4	71,8	0,25	2,3	—	11,1	6,2	0,3	—	44,6	11,6	8,3
Мука из кожевенной струж- ки (1)	100	81,2	3,7	1,1	—	14,0	1,7	0,1	620	—	—	—
Мука из кожевенной струж- ки (2)	100	82,3	3,7	1,7	—	12,3	1,5	0,4	—	30,8	19,6	—
Шкуры крупного рогатого скота:												
гидролизованные кислотой	96,8	79,3	3,0	—	—	14,5	—	—	—	22,8	—	—
гидролизованные щелочью	90,3	79,1	0,6	—	—	10,6	—	—	—	22,3	—	—
Шкуры свиней, гидролизован- ные кислотой	84,8	42,2	32,7	—	—	9,9	—	—	—	11,6	3,3	—
Кожевенная крошка и пыль	100	70—80	0,3— 12,5	—	—	5— 12,5	—	—	—	—	—	—
Сухожилия, гидролизованные кислотой	86,3	49,5	6,4	—	—	30,4	—	—	—	14,9	—	—
Сухожилия, гидролизованные щелочью	84,5	60,7	4,5	—	—	19,3	—	—	—	18,2	—	—

Таблица 3. Содержание витаминов в некоторых нетрадиционных кормах (мг/кг сухого вещества)

Корма	Тиамин	Рибо- флавин	Панто- тевая кисло- та	Холин	Нико- тино- вая кисло- та	Пари- доксин	Биотин	Фолие- вая кисло- та	Витамины			Кари- тин
									Е	В ₁₂	С	
<i>Одноклеточные</i>												
Гидролизные сульфит- ные дрожжи	11—20	22— 49,3	40—50	2720— 4500	220— 426	13— 14,5	1,2	—	—	—	—	—
ПДО (последрожде- вой остаток)	10	11,5	56	1660	160	15	—	—	—	—	—	—
Дрожжи (на пищевом сырье)	9—260	15— 100	20— 130	2100— 6000	200— 700	16— 100	0,6— 2,0	9—54	—	—	—	—
Дрожжи на алканях	4	180	125	8300	430	25	—	6	—	—	—	—
Дрожжи на нефтяных дистиллятах	3	183	10	2000	125	57	—	7	—	—	—	—
Биошрот	9,4	39,5	51,7	5208	450	10,4	1,0	—	—	—	—	—
Углеводородные	11,2	74,7	86,3	6240	522	15,5	1,3	—	—	—	—	—
Дрожжи (в среднем)	1—2	63—75	—	—	250— 400	2,5— 5,0	1—2,5	—	—	—	—	300— 400
Каротинсодержащий белковый препарат (КБП) из дрожжей <i>Rhodospiridium rubro-</i> <i>vatum</i> M-214												

Бактериальные препараты

«Пекало»	6,0	66	35	—	488	16	2,0	—	—	—	—	—
БКМБ (бактериаль- ный белково-вита- минный концентрат метанового броже- ния)	15	50	125	50 000	90	45	0,07	—	—	10	—	—
Бактериальные препараты												
ККЛ (кормовой кон- центрат лизина)	9	84— 150	—	—	—	—	1,2	—	—	—	—	—
Бактериальная био- масса (на метаноле)	53	99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Прутин	5	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Пропивит	—	60— 140	330	—	354	33—51	—	3,2	400— 500	—	—	—
Водородные бактерии	30—50	50	40	—	110	16	1,4	—	0,016	—	—	—
<i>Hydrogenomonas eut-</i> <i>ropha</i> КМБ-12	—	50	125	50 000	90	1,5	0,07	—	100	—	—	—
<i>Actinonices subflavus</i> (каротиногенный актиномицет)	8,9	—	70,8	—	33,3	4,2	2,8	—	2,2	—	1300	—
Биомасса	18,4—	—	—	116,6—	3,32—	0,37—	—	—	—	—	—	—
(<i>Artrobacter symplex</i>)	99,5	—	—	1575	14,3	25	—	—	—	—	—	—
Хлорелла	2,5—	5,1	1,80	3240	25,8—	11,6—	0,25—	48,5	140	0,025	500	64,6
(<i>Chlorella vulgaris</i>)	4,6	11,2	—	—	214	4,8	2,80	—	—	—	—	134
Хлорелла	4,2	7,0	—	3420	110	5,3	—	—	180	—	—	112,6
Хлорелла, штамм СО-10	4,8	12,1	—	3544	130	7,4	—	—	285	—	—	—
Хлорелла, выращи- ваемая на Ташкент- ской скотобазе	4,8	17,1	—	3540	140	5,4	—	—	180	—	—	153
Хлорелла переноче- ской культивации	4,3	5,8— 5,4	—	—	29,2	—	—	1,67	166	—	—	242

Корма	Тиамин	Рибо- флавин	Панто- те- новая кисло- та	Холин	Нико- ти- новая кисло- та	Пари- доксин	Биотин	Фолие- вая кисло- та	Инозит	Витамины			Каро- тин
										E	B ₁₂	C	
Хлорелла (непрерыв- ная культивация)	3,8	4,6	—	—	—	—	—	0,72	—	—	—	123	126
Хлорелла, в среднем (I)	4—24	21—58	—	3150— 3544	120— 2500	9—23	—	—	—	—	0,05— 1,0	2000— 5000	100— 300
Хлорелла, в среднем (II)	2—18	21—28	—	3150— 3240	122— 158	5,3— 8,8	—	—	—	140— 168	0,025— 0,1	1000— 2500	1000— 1600
Сине-зеленые водо- росли (в среднем)	1,1— 7,6	20—60 6,6	22,0	55,5	27,2— 73,5	2,00— 12,4	0,92— 9,0	—	—	—	0—41 6,65	—	—
<i>Spirulina platensis</i>	4,8	—	—	—	9,1	0,13— 0,3	0,01	6,7	—	—	0,05— 25,5	2120	234
<i>Synechococcus elonga- tus</i>	2,0	4,1	—	—	16,9	—	—	5,5	—	—	0,05— 25,5	1950	186
<i>Coccoredia</i>	0,7	3,4	—	—	52,0	—	—	1,1	—	—	—	2050	107
<i>Scenedesmus</i>	1,06	3,7	—	—	10,9	1,14	—	—	—	—	—	660	112
<i>Cyanidium caldarium</i>	2,2	4,8	—	—	31,4	—	—	0,2	—	—	—	540	153
<i>Platimonas viridis</i>	2,0	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1710	28
<i>Porphyridium cruen- tum</i>	0,9	1,5	—	—	58,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Биомасса спирулины	—	25—26	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5— 1,5	600— 1800	—
Грибы: фузариин	5,0— 18,0	27,0— 132	—	—	115— 1000	14,2— 90	2,0— 17,5	—	—	—	—	—	—

одноклеточные грибы (в среднем)	7	55	62	—	440	25	1,8	1,5	—	—	—	—	—
биомасса гриба <i>No- tatum</i> , выращенного на картофельных отходах	0,7— 1,3	2,7— 4,7	—	—	0,6— 4,0	—	—	—	—	—	—	—	—

Отходы растениеводства

Ботва: морковь	0,6	1,9	—	—	59	—	—	0,6	—	—	—	185	149— 167
свекла столовая	0,2	2,6	—	—	—	—	—	0,6	—	—	—	184	224
свекла сахарная	1,1	6,8	—	1014	8,7	—	—	—	—	—	—	65	—
томаты	0,8	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—	—	—	—
картофель	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,77— 0,95	—	170
Навоз свиной с личин- ками синантропной мухи (I)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
мухи (II)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6— 2,6 стелы	—	—
Сапропель	3	5	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—
Береза белая: кора	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1008	—
листья	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5290	—

Корма	Тиамин	Рибо- флавин	Панто- те- но- вая кисло- та	Холин	Никоти- ни- ная кисло- та	Пирри- доксин	Биотин	Фолие- вая кисло- та	Инозит	Витамины			Капо- тин
										Е	В ₁₂	С	
Осина:													
кора												770	
листья												5260	
Ясень маньчжурский:													
кора												632	
листья												6554	
Дуб монгольский:													
кора												380	
листья												6140	
Кедр:													
кора												453	
хвоя												4450	156— 192
Ель:													
кора												457	
хвоя												3550	150— 168
Пихта:													
кора												520	
хвоя												4180	150— 162
Сосновая хвоя													175— 192

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие к чешскому изданию	8
1. Основные сведения о нетрадиционных кормах	10
1.1. Потребность и производство белка животного происхождения	10
1.2. Нетрадиционные источники белка и энергии	13
1.2.1. Нефтехимическое сырье	16
1.2.2. Лигниноцеллюлозные материалы	16
1.2.3. Кератиновые отходы	18
1.2.4. Кожевенные отходы	19
1.2.5. Экскременты сельскохозяйственных животных и содер- жимое пищеварительного аппарата	19
1.2.6. Небелковый азот (NPN)	21
1.2.7. Городские и кухонные отходы	21
1.2.8. Другие нетрадиционные кормовые средства	23
1.3. Нетрадиционные корм. и охрана окружающей среды	23
1.4. Некоторые технологии утилизации отходов	26
Литература	28
2. Микробный белок (белок одноклеточных)	29
2.1. Водоросли	33
2.2. Бактерии	37
2.3. Дрожжи	42
2.4. Плесени	46
Литература	48
3. Нефтехимическое сырье	49
3.1. Алканы	52
3.2. Алкоголи	54
3.2.1. Этанол	54
3.2.2. Метанол	55
3.3. Перспективы использования нефтехимического сырья	55
Литература	55
4. Лигниноцеллюлозные материалы	58
4.1. Основные способы подготовки лигниноцеллюлозных отходов к скармливанию	59
4.2. Химическая обработка соломы	61
4.2.1. Обработка соломы раствором щелочи	61
4.2.2. Обработка соломы Са(ОН) ₂ , кислотами и комбини- рованными методами	63
4.2.3. Обработка соломы аммиаком	64
4.3. Древесные отходы	65
4.4. Основные способы обработки древесных отходов	68
4.5. Использование сточных вод, образующихся при переработке древесины	73
4.6. Питательная ценность древесных отходов	75
4.7. Разложение лигниноцеллюлозных материалов при помощи высших грибов	78
Литература	81

5. Сульфитные щелока	85
5.1. Характеристика и виды сульфитных щелоков	86
5.1.1. Химические реакции, происходящие при сульфитной варке древесины	87
5.1.2. Состав сульфитных щелоков	88
5.2. Производство кормовых дрожжей из сульфитных щелоков	91
5.3. Технология производства кормовых дрожжей из сульфитных щелоков	92
5.3.1. Подготовка сульфитных щелоков	93
5.4. Ферментизация сульфитных щелоков в смеси с синтетическим этанолом	95
5.5. Основные биоинженерные показатели	96
5.6. Химический состав и питательная ценность дрожжей, произведенных на базе сульфитных щелоков	97
5.7. Экономика производства	98
Литература	100
6. Кератиновые отходы	101
6.1. Виды кератинового сырья и его свойства	101
6.2. Производство пера	101
6.3. Технологические способы переработки пера и отходов птицеводства в кормовые средства	103
6.4. Химический состав и питательная ценность муки из пера и птицебоенских отходов	105
6.5. Результаты биологического тестирования муки из пера и из птицебоенских отходов, производимой в СССР	109
Литература	113
7. Побочные продукты кожевенной промышленности	115
7.1. Машинная и ручная клейковина	116
7.1.1. Содержание питательных веществ и аминокислот в машинной клейковине	116
7.1.2. Переваримость питательных веществ машинной клейковины	119
7.1.3. Оценка опытов по скормливанию машинной клейковины	119
7.1.4. Промышленное производство белковых кормосмесей на базе машинной клейковины	120
7.2. Отходы хромовых кож	122
7.2.1. Вид отходов	122
7.2.2. Содержание питательных веществ в хромовых кожевенных отходах	123
7.2.3. Использование хромовых кожевенных отходов	124
7.2.4. Обработка хромовых кожевенных отходов	124
7.2.4.1. Обработка серной кислотой	125
7.2.4.2. Обработка гидроокисью кальция и серной кислотой	125
7.2.4.3. Гидролиз кожного коллагена под воздействием давления и химикатов	126
7.2.5. Переваримость хромовых кожевенных отходов	126
7.2.6. Накопление хрома в тканях сельскохозяйственных животных	128
7.3. Глутин	130
7.4. Белки из растворов щелоков	130
7.4.1. Приготовление щелоковых белков	130
7.4.2. Химический состав щелоковых белков	130
7.4.3. Питательная ценность щелоковых белков	131
7.5. Гидролизаты кож	134

Литература	134
8. Экскременты и активированный ил	136
8.1. Экскременты	136
8.1.1. Экскременты птицы	138
8.1.1.1. Химический состав	138
8.1.1.2. Переваримость, содержание переваримого протеина и энергии	140
8.1.2. Экскременты свиней	142
8.1.3. Экскременты крупного рогатого скота	142
8.2. Активированный ил	143
Литература	151
9. Беспозвоночные	154
9.1. Субстраты из отходов, пригодные для размножения беспозвоночных	154
9.2. Лабораторное разведение беспозвоночных	155
9.3. Промышленное производство беспозвоночных	163
9.4. Химический состав и питательная ценность беспозвоночных	164
9.5. Возможные побочные действия при кормлении животных биомассой беспозвоночных	167
Литература	168
10. Небелковый азот	169
10.1. Соединения небелкового азота — средство компенсации дефицита протеина у жвачных и моногастрических животных	170
10.2. Химический состав и питательная ценность небелковых азотистых соединений	173
10.3. Токсическое действие синтетических азотистых веществ и его профилактика	179
10.4. Эффективность использования САВ	181
Литература	182
11. Кухонные отходы	183
11.1. Виды отходов, их свойства	183
11.2. Сбор и переработка отходов	184
Литература	186
12. Нетрадиционные корма в рационах крупного рогатого скота	187
12.1. Отходы животного происхождения	187
12.1.1. Скормливание жира	187
12.1.2. Скормливание сыворотки	190
12.1.3. Скормливание содержимого преджелудков крупного рогатого скота и желудка свиней	191
12.1.4. Скормливание экскрементов птицы, крупного рогатого скота и свиней	192
12.2. Отходы растительного происхождения	198
12.3. Синтетические кормовые средства	202
Литература	205
13. Нетрадиционные корма в рационах овец	207
13.1. Хвоя	207
13.2. Отходы переработки подсолнечника	208
13.3. Хлопковые корочки	209
13.4. Помидорные и виноградные выжимки	210
13.5. Рисовая и кукурузная солома	210
13.6. Лигниноцеллюлозные материалы	211

Литература	213
14. Нетрадиционные корма в рационах свиней	214
14.1. Белковый концентрат из зеленых растений	214
14.2. Тритикале	217
14.3. Водоросли	219
14.4. Микроорганизмы	220
14.5. Мука из криля	221
14.6. Кровяная мука	222
14.7. Машинная клейковина	223
14.8. Гидролизированные кожевенные хромовые отходы	225
Литература	226
15. Нетрадиционные корма в рационах птицы	228
15.1. Микробиальный белок	228
15.2. Отходы и побочные продукты пищевой и кожевенной промышленности	236
15.2.1. Побочные продукты переработки птицы	238
15.2.2. Машинная клейковина	239
15.2.3. Гидролизированные хромовые кожевенные отходы	240
15.2.4. Щелоковый протеин	241
15.2.5. Белок из щетины свиней	241
15.2.6. Белок из шерсти крупного рогатого скота	242
15.2.7. Побочные продукты рыбного промысла	242
15.2.8. Кафилерная мука	243
15.3. Кормовые жиры и масла	245
15.4. Сухой птичий помет (СПП)	248
Литература	251
Приложение	

Я. Барта, Х. Бергнер, К. Бодя, Я. Бучко, С. Бурачевски,
Я. Цибулка, Я. Фишера, М. Габо, К. Грюн, Д. Халяма,
Х. Ерох, А. Калди, Я. Кеймар, Я. Кришка, П. Лагодюк,
В. Петер, М. Роса, А. Зоммер, З. Сова, Ф. Штрос, Я. Вавак,
Ф. Врыдник, В. Залабак, Е. Зеления

НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМА В РАЦИОНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Заведующий редакцией А. Т. Докторов.
Редактор В. Е. Машковский.
Художник Ю. А. Воталовский.
Художественный редактор Е. Г. Прибегина.
Технический редактор Л. А. Балакина.
Корректор Н. Н. Михайлова.

ИБ № 3622

Сдано в набор 13.10.83. Подписано к печати 06.02.84. Формат 84×108^{1/32}.
Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 14,28.
Усл. кр.-отт. 14,28. Уч.-изд. л. 15,74. Изд. № 208. Тираж 9000 экз.
Заказ № 767. Цена 1 р.
Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос»,
107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.
Набрано в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Зна-
мени Первой Образцовой типографии имени А. А. Жданова Союзполиграфпро-
ма при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и
книжной торговли, Москва, М-54, Валовая, 28.
Отпечатано с матриц во Владимирской типографии Союзполиграфпрома при
Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной
торговли.
600 000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7.